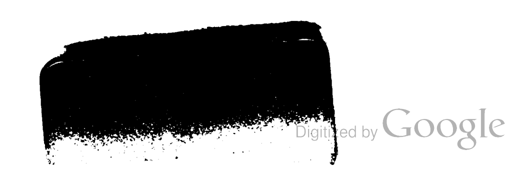
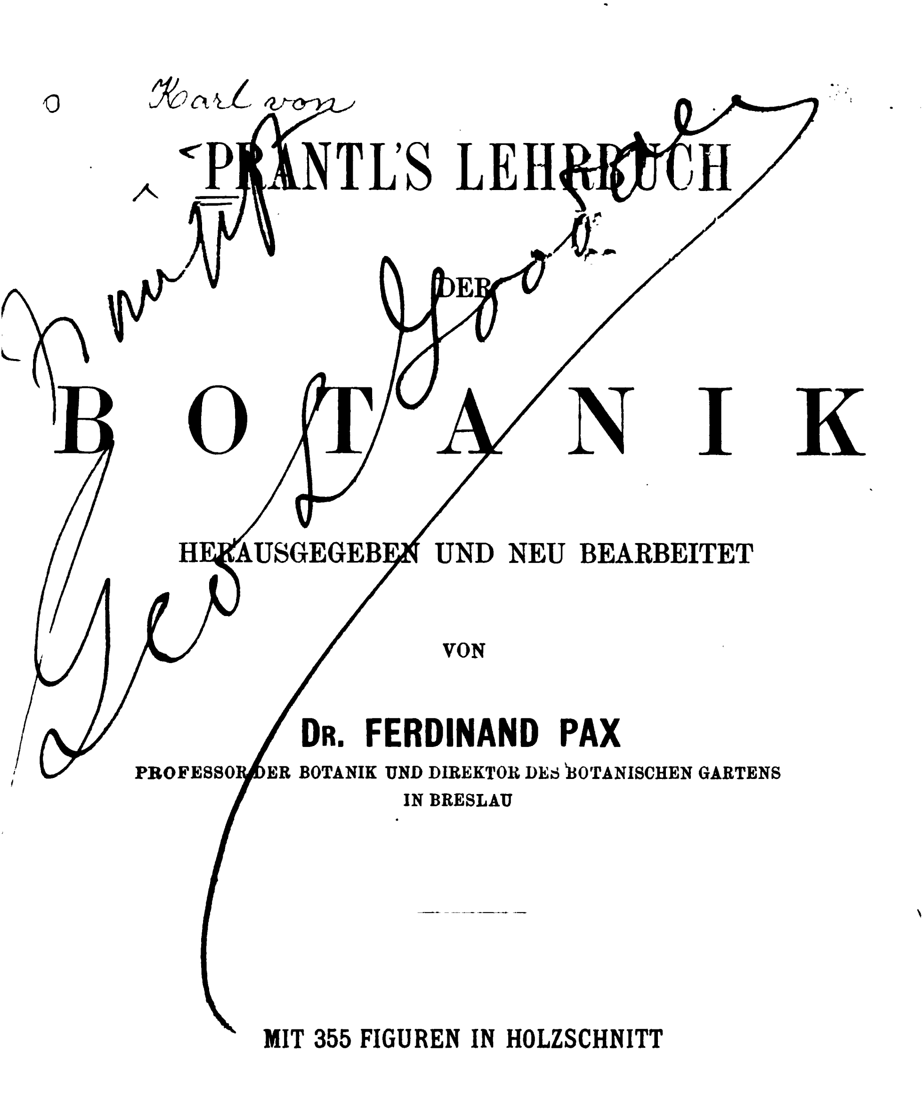


Lehrbuch der Botanik herausgegeben und neu Bearbeitet von Dr. ...

Karl Anton Eugen Prantl


ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV·ANG· SIGILLUM
CHRISTO ET ECCLESIAE
VE RI TAS





PRANTL'S LEHRBUCH

DER

BOTANIK

HERAUSGEGEBEN UND NEU BEARBEITET

VON

DR. FERDINAND PAX

PROFESSOR DER BOTANIK UND DIREKTOR DES BOTANISCHEN GARTENS
IN BRESLAU

MIT 355 FIGUREN IN HOLZSCHNITT

NEUNTE, VERMEHRTE UND VERBESSERTE AUFLAGE

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1894.

Vorwort zur ersten Auflage.

Der Gedanke, ein Lehrbuch der Botanik für Mittelschulen zu bearbeiten, welches die wichtigsten Ergebnisse ungefähr in dem Sinne, wie es in dem Lehrbuche von Sachs geschehen ist, darböte, ist von dem Herrn Verleger ausgegangen. Indem ich mich dieser Aufgabe um so lieber unterzog, als mir dabei der Rat und die Beihülfe des Herrn Prof. Sachs nicht fehlte, konnte ich mir nicht verhehlen, dass ein etwaiger bloßer Auszug aus dem Werke Sachs' den Anforderungen eines Schulbuches kaum entsprechen würde, dass es vielmehr nötig werden dürfte, wenigstens in einzelnen Partien wesentliche Änderungen vorzunehmen. Im folgenden will ich kurz angeben, inwieweit dies geschehen ist.

Vor allem schien es gerade für diesen Zweck wünschenswert, die Physiologie mit der Anatomie und Morphologie in nähere Verbindung zu bringen. Konnte in diesem Teile, den wir als die allgemeine Botanik zusammenzufassen pflegen, eine engere Anlehnung an das Lehrbuch von Sachs stattfinden, so schien es dagegen geraten, in der speziellen Botanik umfassende Änderungen vorzunehmen, da die Kenntnis der einzelnen Pflanzenformen gerade für den Schüler eine Hauptsache ist, während diese dagegen im genannten Lehrbuch bereits vorausgesetzt wird. Dieser Behandlung entsprechend, war mir hier auch mehr Gelegenheit geboten, nach Inhalt und Darstellung selbständiger vorzugehen.

Im System der Phanerogamen bin ich zwar vorzugsweise den im Sachs'schen Lehrbuche gegebenen Andeutungen gefolgt, glaubte jedoch die dort am Schlusse aufgeführten zweifelhaften Familien der Dikotyledonen unter die anderen, wenn auch bisweilen etwas gewaltsam, einreihen zu müssen, da viele derselben durch ihre zahlreiche Vertretung und Anwendung sicher nur ungern in einer zusammenhängenden Aufzählung der wichtigsten Pflanzen vermisst würden.

Indem ich die Gamopetalen an den Schluss der Dikotylen stellte und die Perigynen unter die Tetracyclicae mit einbezog, versuchte ich das System in etwas nähere Übereinstimmung mit den anderen vielfach benutzten Systemen (Decandolle, Endlicher) zu bringen und dadurch dem Anfänger, der ja nebenbei noch Floren benutzen muss, die Orientierung zu erleichtern.

Da die Charakteristik der Ordnungen und Familien der Phanerogamen wesentlich auf dem Blütenbau beruht, so schien es, zumal im Interesse der gebotenen Kürze, zweckmäßig, die Blüten-Formeln nach der von Sachs eingeschlagenen Methode zu erweiterter Geltung zu bringen. Die morphologischen Angaben, welche als Grundlage für die Aufstellung neuer Formeln dienen mussten, habe ich zumeist den bekannten Werken von Payer, Döll, Decaisne und Maout und Endlicher entnommen.

Die Abbildungen wurden zum größten Teile aus dem Lehrbuche von Sachs herübergenommen, es kamen hierzu noch 48 neue Holzschnitte, welche, zum Teil in schematischen Figuren, das Verständnis erleichtern sollen. Von einer weitergehenden Vermehrung der Abbildungen in der Systematik der höheren Pflanzen glaubte ich Umgang nehmen zu müssen, da hier die Demonstration des Lehrers an lebendem Material weit bessere Dienste leistet, als die sorgfältigste Abbildung, und zudem kein Ende in der Auswahl abzusehen gewesen wäre.

Würzburg, botanisches Institut, im Januar 1874.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Nachdem schon in dem kurzen Zwischenraume von zwei Jahren eine neue Auflage dieses Büchleins notwendig geworden war, konnte es sich bei deren Bearbeitung nur in geringerem Grade um die Berücksichtigung neuer Forschungsresultate, als vielmehr vorzugsweise um die Verbesserung der in der ersten Auflage hervortretenden Mängel handeln. War ich auch im Unterschiede von der mir bei der ersten Bearbeitung zu Teil gewordenen freundlichen Unterstützung nunmehr vollkommen auf mich selbst angewiesen, so standen mir dafür die Erfahrungen zur Seite, die mir die ausgedehntere eigene Lehrthätigkeit an die Hand gab.

Die wesentlichste Veränderung musste die in der ersten Bearbeitung zu knapp gehaltene Systematik der Phanerogamen erfahren. Ich versuchte diesmal die wichtigeren Familien ausführlicher zu behandeln und außer einer sorgfältigeren Angabe der Diagnosen auch noch einiges morphologische Detail anzufügen. Als wesentlichste Hilfsmittel dienten mir hierbei Eichler's »Blütendiagramme«, sowie dessen »Syllabus der Vorlesungen über Phanerogamenkunde«, welch letzterem ich mich auch in der Schreibweise der Blütenformeln anschloss. Den wichtigeren Familien sind zahlreiche Abbildungen beigegeben, welche deren hervorragendste Eigentümlichkeiten zu illustrieren geeignet sein dürften. Im allgemeinen habe ich die Anordnung der Dikotyledonen in der bisherigen Weise belassen; doch konnte ich nicht umhin, einigen Familien und Ordnungen einen ge-

eigneteren Platz anzuweisen, so z. B. die Thymelaeinen zu den Monochlamydeen, die Juglandeen zu den Terebinthinen zu stellen.

Eine neue Bearbeitung erfuhren die Gefäßkryptogamen, indem ich die gröberen morphologischen Verhältnisse gegenüber den entwickelungsgeschichtlichen Details mehr in den Vordergrund treten lassen musste. In der Systematik der Thallophyten konnte ich mich der in der vierten Auflage von Sachs' Lehrbuch vorgeschlagenen Vereinigung von Algen und Pilzen aus verschiedenen Gründen nicht anschließen, versuchte jedoch eine verbesserte systematische Übersicht der beiden Klassen.

Von weit geringerem Belange sind die Änderungen und Zusätze im allgemeinen Teile, welcher fast nur durch zahlreiche Abbildungen im dritten Kapitel, der Morphologie, erweitert wurde.

Würzburg, im Juni 1876.

Der Verfasser.

Vorwort zur dritten Auflage.

Die Veränderungen, zu welchen ich mich gelegentlich dieser dritten Auflage veranlasst sah, schienen mir sowohl durch die Erfahrungen geboten, welche ich während der letzten Jahre, in selbständiger Stellung mit dem Unterrichte in der gesamten Botanik betraut, zu sammeln Gelegenheit hatte, als auch durch den Fortschritt der Wissenschaft selbst.

Es schien mir vor allem wünschenswert, die Lehre von der äußeren Gliederung, als den dem Anfänger am leichtesten zugänglichen Teil, voranzustellen und hierdurch in der Gesamtanordnung Physiologie und Anatomie unmittelbar aneinanderzureihen. Wenn ich in diesem Teile, sowie auch gelegentlich in der Anatomie und Systematik die einheimischen Holzpflanzen eingehender berücksichtigte, so dürfte dies auch anderen Lesern, die nicht gerade die Pflege des Waldes zu ihrem Beruf erwählt haben, nicht unwillkommen sein, da ja doch Größe und Massenhaftigkeit des Vorkommens auch abgesehen von dem vielfachen Nutzen den Holzpflanzen ein gesteigertes Interesse zuwenden dürften.

Von neueren Forschungen, welche zu wichtigen Änderungen Anlass gaben, seien besonders de Bary's Vergleichende Anatomie und Eichler's Blütendiagramme genannt. Letzterem Werke folgte ich vorzugsweise in der Systematik der Eleutheropetalen, welche hierdurch eine völlige Umarbeitung erfahren musste. Außerdem suchte ich durchgehends bei den wichtigeren Familien sowohl der Kryptogamen (hier besonders bei den Pilzen), als der Phanerogamen die Detailangaben zweckentsprechend zu erweitern.

Die Anzahl der Holzschnitte hat auch diesmal eine freilich nur geringe Vermehrung erfahren.

Dass der Titel in »Lehrbuch der Botanik für mittlere und höhere Lehranstalten« abgeändert wurde, glaube ich damit rechtfertigen zu können, dass das Buch erfahrungsgemäß vielfach an Hochschulen Eingang gefunden hat.

Aschaffenburg, im November 1878.

Der Verfasser.

Vorwort zur sechsten Auflage.

Außer der notwendigen Berücksichtigung neuerer Forschungsresultate und Anschauungen erscheint in dieser neuen Auflage fast nur die Einteilung des Stoffes etwas verändert, indem es mir richtiger erschien, die Erscheinungen der Fortpflanzung nicht wie bisher dem Abschnitt über Physiologie einzufügen, sondern als besonderen Teil zu behandeln, welchem die beiden anderen allgemeinen Teile, als Morphologie und Physiologie des Vegetationskörpers, koordiniert sind. Unter der Morphologie wird auch die Anatomie mitbegriffen, da deren morphologische Behandlung für den Anfänger unentbehrlich ist. In dem Abschnitt von der äußeren Gestalt haben einige Paragraphen wesentliche Umarbeitung erfahren. Die Holzschnitte wurden um vier vermehrt, einige auch durch bessere ersetzt.

Seit dem Erscheinen der fünften Auflage ist das Buch durch Hrn. Cuboni in die italienische Sprache übersetzt worden; eine spanische Übersetzung durch Hrn. de Linares ist in Ausführung begriffen; von einer ungarischen Übersetzung durch die Herren Pàter Bèla und Lasz Samu (Budapest, Eggenberger 1884) ist mir wie dem Hrn. Verleger nur die Thatsache des Erscheinens nachträglich bekannt geworden.

Aschaffenburg, im Februar 1886.

Der Verfasser.

Vorwort zur achten Auflage.

Abgesehen von der notwendigen Berücksichtigung neuerer Forschungsresultate bestehen die in dieser neuen Auflage vorgenommenen Änderungen in einer Erweiterung des Abschnittes über die Anatomie, sowie in einer Anpassung des Systems an das Werk »Die natürlichen Pflanzenfamilien« von A. Engler und K. Prantl. Wenn ich mir trotzdem in letzterer Hinsicht einige Abweichungen von diesem Werke gestattete, so geschah dies teils aus didaktischen Gründen (so in der Anordnung der

Ordnungen bei den Monokotylen, in der Gliederung der Rosaceen), teils auf Grund bestimmter Auffassungen, die ich nicht preisgeben wollte, so in der Stellung der Juncaceen als Anfangsglied der Glumiflorae, der Cucurbitaceae bei den Passiflorinae, in der Aufstellung der neuen Ordnung Laurales. Die neuen Holzschnitte, im Ganzen 17, sind teils genanntem Werke entnommen, teils von meinem Assistenten V. Hellmann gezeichnet worden.

Breslau, im Oktober 1891. **Der Verfasser.**

Vorwort zur neunten Auflage.

Die Besorgung der weiteren Auflagen von Prantl's Lehrbuch der Botanik habe ich gern übernommen. Bei der Durcharbeitung des Stoffes hat sich die Darstellung im Allgemeinen an die Dispositionen Prantl's gehalten, da sich dieselbe für den Unterricht als praktisch bewährt hat, doch fand ich es mehrfach für notwendig, im Einzelnen von der alten Anordnung des Stoffes abzuweichen, die Darstellung entsprechend neueren Forschungen zu modificieren und Kürzungen im Text zu Gunsten der Darstellung anderer noch nicht aufgenommener Thatsachen vorzunehmen.

Während die Morphologie nur eine geringe Erweiterung durch gewisse Zusätze erfahren hat, wurde die Darstellung der Anatomie wesentlich verändert, indem ich weit mehr eine vermittelnde Stellung zwischen der älteren Schule der Anatomie und der physiologischen Richtung derselben einnehme als Prantl. So glaube ich, dass Studierende, welche die Anatomie auf physiologischer Grundlage haben vortragen hören, das Buch doch mit Nutzen werden zur Repetition verwenden können. In der Physiologie habe ich an dem alten Rahmen der Darstellung festgehalten und nur innerhalb desselben geringe Erweiterungen vorgenommen; so wurden die Erscheinungen der Symbiose eingehender behandelt, die Wurzel-Knöllchen der Leguminosen, die Mycorrhiza u. a. besprochen, Verhältnisse, die in der achten Auflage noch nicht Erwähnung gefunden hatten.

Im speziellen Teile, der Systematik, haben zunächst überall da bedeutende Kürzungen stattgefunden, wo es sich um eine Aufzählung von Arten handelte. Eine solche gehört nach meiner Ansicht nicht in den Rahmen eines kurzgefassten Lehrbuches, und so werden jetzt nur solche Arten erwähnt, welche Nutz- speziell Medizinalpflanzen sind, oder hervorragendes morphologisches Interesse gewähren. Auf die genauere Angabe der Vaterländer wurde ein größeres Gewicht gelegt. Gegenüber diesen Kürzungen wurde die Einleitung zu den Angiospermen namentlich durch die

Besprechung der Entwicklungsgeschichte der Anthere und des Embryosacks erweitert; auffallender Weise hatten diese wichtigen Kapitel in den früheren Auflagen eine Besprechung nicht gefunden.

Wie in den früheren Auflagen, so schließt sich auch jetzt das zu Grunde gelegte System eng an die »Natürl. Pflanzenfamilien« an mit den wenigen Modifikationen, wie sie Engler in seinem »Syllabus« angegeben hat. Die von Prantl nur an drei Stellen durchgeführte Abweichung von jenem Fundamentalwerk vermag ich nicht zu billigen. Die Reihe der Laurales erscheint mir nicht genug getrennt von den Ranales; die Juncaceen mit den Glumifloren zu vereinigen halte ich entgegen den Auseinandersetzungen Prantl's für durchaus verfehlt. Anders liegt es allerdings mit den Cucurbitaceae: sie gehören wohl kaum zu den Campanulatae; aber da auch sonst ihr Anschluss nirgends im System ein enger ist, habe ich sie zur Zeit noch dort, am Anfang der Campanulatae, untergebracht. Hinsichtlich der Gruppierung der Thallophyten, speciell der Pilze, bin ich den Brefeld'schen Untersuchungen in höherem Maße gerecht geworden, als in den früheren Auflagen geschehen ist. Die Zahl der Holzschnitte ist von 326 auf 355 vermehrt worden, ferner wurden einzelne wenig brauchbare Bilder durch neue ersetzt. In allen Kapiteln hat eine Bereicherung an Abbildungen stattgefunden; in der Systematik wurde durch eine besondere Berücksichtigung der Arzneipflanzen den Bedürfnissen der studierenden Pharmaceuten und Mediziner Rechnung getragen.

Breslau, im Januar 1894.

F. Pax.

Inhaltsübersicht.

Erster Teil.

Der Bau des Pflanzenkörpers.

Erster Abschnitt.

Die äufsere Gestalt (Morphologie).

Zweiter Abschnitt.

Die innere Struktur (Anatomie).

Zweiter Teil.

Die Lebensvorgänge in der Pflanze (Physiologie).

Dritter Teil.

Vierter Teil.

Systematische Übersicht des Pflanzenreiches.

Erster Teil.

Der Bau des Pflanzenkörpers.

---

§ 1. Der Pflanzenkörper baut sich aus verschiedenen Teilen auf, welche im gewöhnlichen Sprachgebrauch als Stengel, Blätter, Wurzeln, Blüten, Früchte u. s. w. unterschieden werden. Die wissenschaftliche Betrachtung dieser Teile wie auch der im inneren Bau unterscheidbaren Bestandteile kann einen doppelten Weg gehen: wir untersuchen entweder ihre Verrichtung, ihre Funktion im Leben des ganzen Pflanzenkörpers, und von diesem Gesichtspunkte aus erscheinen sie als Werkzeuge für diese Verrichtungen, als Organe, und sind als solche Gegenstand der Physiologie. Die Morphologie hingegen sucht die allgemeinen Gesetze, welche den Aufbau des Pflanzenkörpers beherrschen, festzustellen, die einzelnen Teile, welche den Körper zusammensetzen, nach Bau, Anordnung und Entstehungsweise zu schildern. Ihre Resultate ergeben sich durch den Vergleich der zahlreichen existierenden Formen, deren Organisation vom Einfachen zum Komplizierten nach verschiedenen Richtungen fortschreitet. Bei dieser Betrachtungsweise erscheinen die einzelnen Teile als Formbestandteile, Glieder. Berücksichtigt man bei dieser Betrachtung nur die äußere Beschaffenheit der Glieder, so ist das Gegenstand der Morphologie im engeren Sinne, während die Anatomie auf den inneren Bau der Pflanzenteile, ihre Zusammensetzung aus Geweben, Rücksicht nimmt. — Da indes die Gestalt und der Bau der Pflanzenteile mit deren Funktion in Einklang steht, so wird die folgende Darstellung nicht frei von Hinweisen auf die physiologische Betrachtungsweise sein können.

Erster Abschnitt.

Die äufsere Gestalt (Morphologie).

Erstes Kapitel.

Allgemeine Gesetze.

§ 2. **Symmetrieverhältnisse der Glieder des Pflanzenkörpers.** Wenn wir von einigen der niedrigst organisierten Pflanzenformen absehen, so lässt jedes Glied zwei einander gegenüberliegende verschiedene Enden

erkennen, einerseits die Basis, andererseits die Spitze oder den Scheitel. Die Basis ist für seitlich entstandene Glieder (z. B. Blätter) der Ort des Zusammenhangs mit dem Gliede, an welchem sie entstanden sind, allgemein ausgedrückt der Ort, wo das Glied entstand und zu wachsen begann. Ein in der Richtung von der Basis zum Scheitel geführter Schnitt heißt ein Längsschnitt; senkrecht auf dem Längsschnitt steht der Querschnitt. Jeder Querschnitt besitzt einen organischen Mittelpunkt, welcher aber mit dem geometrischen Mittelpunkt nicht zusammenzufallen braucht (z. B. Querschnitt eines Baumstammes, dessen Jahrringe um ein nicht immer im geometrischen Mittelpunkt liegendes Zentrum angeordnet sind). Längsachse ist diejenige Linie, welche die organischen Mittelpunkte sämtlicher Querschnitte verbindet.

Je nachdem ein Pflanzenteil rings um die Längsachse gleich gebaut ist, oder einen Gegensatz verschiedener Seiten erkennen lässt, unterscheiden wir multilaterale, bilaterale und dorsiventrale Pflanzenteile. Es beziehen sich diese Ausdrücke sowohl auf die Gestalt einzelner Glieder, als auf die Stellung und Gestalt der Seitenglieder, sowie auch auf den inneren Bau.

Multilateral oder radiär heißen solche Pflanzenteile, welche rings um die Längsachse gleich gebaut sind, somit einen Unterschied verschiedener Seiten nicht erkennen lassen.

So sind z. B. ein zentral gestielter Hut eines Pilzes, ein Apfel, ein annähernd cylindrischer Baumstamm ihrer Gestalt nach multilateral. Der Stellung von Seitengliedern nach sind viele aufrechte Stengel mit allseitig entspringenden Blättern, die Stämme der Tannen mit allseitig angeordneten Zweigen multilateral; ebenso, wenn wir die Gestalt der Seitenglieder (hier der Blumenblätter) mit berücksichtigen, die Blüten der Rose, Tulpe. Solche Pflanzenteile kann man durch mehrere axile Längsschnitte symmetrisch, d. h. so teilen, dass die Hälften symmetrisch gleich sind, wie Objekt und Spiegelbild: und zwar sind die durch verschiedene Schnitte erhaltenen Hälften nicht wesentlich von einander verschieden (in Fig. 1 *A* die in den Richtungen *11*, *22*, *33*, *44*, *55* geführten Schnitte). An einem Hutpilz, einem Tannenbaum sind sehr viele solche in gleicher Weise symmetrisch teilende Schnitte möglich, an einer Tulpe jedoch, wenn wir die Schnitte auch durch die Längsachsen der Seitenglieder (hier die Mitte der Blumenblätter) legen, nur drei, an einem Apfel, wenn sie durch die Fächer des Kerngehäuses gelegt werden, fünf (Fig. 1 *A*).

Bilateral sind solche Pflanzenteile, welche an zwei einander gegenüberliegenden Seiten, rechts und links, gleich, aber verschieden von den übrigen Seiten gebaut sind.

Bilateral sind z. B. eine Wallnuss, welche durch die Fuge in eine rechte und linke Hälfte geteilt wird, ein Zweig der Ulme, welcher die Blätter in zwei Zeilen, rechts und links, trägt, die Blüte von Dicentra. An den genannten Beispielen, welche bilateral im engeren Sinne genannt werden können, lassen sich die Bezeichnungen rechts und links beliebig vertauschen, weil in der dazu rechtwinkeligen Richtung eine Verschiedenheit der Seiten nicht existiert; es sind hier zwei in verschiedener Weise symmetrisch teilende, auf einander senkrecht stehende axile Längsschnitte möglich (Fig. 1 *B*, *11* und *22*).

Die meisten bilateralen Pflanzenteile jedoch sind zugleich dorsiventral, d. h. zwei einander gegenüberliegende Seiten, die Rücken- und die Bauchseite sind von einander verschieden, während rechte und linke

Seite einander spiegelbildlich ähnlich sind; es giebt überhaupt nur einen einzigen symmetrisch teilenden Schnitt; derselbe verläuft von der Rücken- zur Bauchseite.

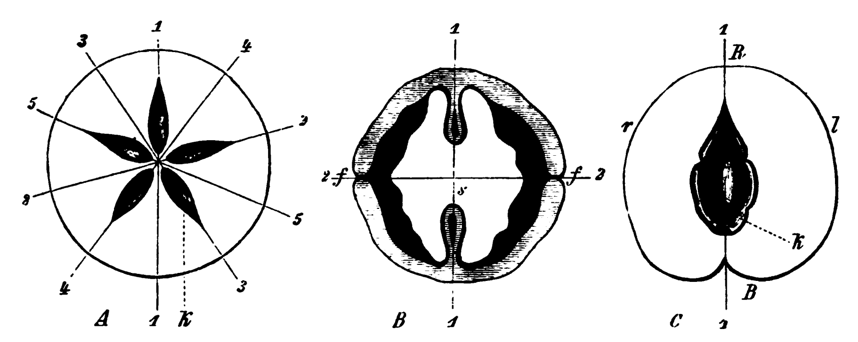


Fig. 1. Schematische Querschnitte durch *A* einen Apfel, *B* eine Wallnuss, *C* einen Pfirsich; *A* ist radiär; *11* bis *55* die 5 in gleicher Weise symmetrisch teilenden Schnitte, welche durch die Fächer des Kerngehäuses (*k*) gehen; *B* ist bilateral; *ff* die Fuge; *s* der Samenkern; *11* und *22* die beiden symmetrisch teilenden Schnitte; *C* ist dorsiventral; *11* der einzige symmetrisch teilende Schnitt; *r* rechte, *l* linke Seite; *R* Rücken; *B* Bauch; *k* der Steinkern.

Der Gestalt nach sind z. B. die meisten flachen Blätter dorsiventral, die Pfirsichfrucht (Fig. 1 *C*); bezüglich der Stellung seitlicher Glieder sind es z. B. die Stämme mancher Farne, wie Polypodium vulgare, welche nur auf der Rückenseite Blätter, auf der Bauchseite Wurzeln tragen, ferner die meisten Lebermoose. Durch die Gestalt der seitlichen Glieder werden dorsiventral, z. B. die Zweige der Thujen, die Blüten des Veilchens, Rittersporns, Löwenmauls u. s. w.

Wie aus Obigem hervorgeht, ist die Dorsiventralität ein spezieller Fall der Bilateralität; es darf jedoch nicht übersehen werden, dass es auch dorsiventrale Pflanzenteile giebt, welche streng genommen nicht bilateral sind, welche zwar Rücken- und Bauchseite, aber keine rechte und linke Seite erkennen lassen, wie z. B. manche Hutpilze (Lenzites abietinus), oder solche, deren rechte und linke Seite auffallend verschieden sind, wie die Blätter vieler Begonien.

Es wurde bereits oben hervorgehoben, dass die Ausdrücke multilateral, bilateral und dorsiventral auf verschiedene Verhältnisse der Pflanzenteile angewendet werden, und es sei hier noch darauf aufmerksam gemacht, dass ein und derselbe Pflanzenteil, je nach dem Verhältnis, das wir gerade ins Auge fassen, auf alle drei Prädikate Anspruch machen kann. So ist z. B. ein Zweig von Abies alba seiner Gesamterscheinung nach dorsiventral, da er Rücken- und Bauchseite deutlich unterscheiden lässt; untersuchen wir aber die Stellung, die Einfügung der Blätter (Nadeln), so ist dieselbe rings um den Zweig gleichmäßig: bezüglich der Blattstellung ist derselbe also radiär; die Anordnung der weiteren Seitenzweige dagegen, welche rechts und links entspringen, ist bilateral, ohne dorsiventral zu sein.

Die hier angewandten Ausdrücke: multilateral, bilateral und dorsiventral sind nicht völlig gleichbedeutend mit den vielfach in Gebrauch befindlichen: polysymmetrisch, zweifachsymmetrisch und einfach- (mono-) symmetrisch; letztere sind für diejenigen Spezialfälle zu reservieren, in denen vollständige Symmetrie zu beiden Seiten der symmetrisch teilenden Ebene herrscht; es ist dies, abgesehen von der nie mathematisch genauen Ausbildung der Gestalt, schon deswegen relativ selten der Fall, weil die Seitenglieder meist in ungleicher Höhe entspringen; doch können die meisten der oben als Beispiele angeführten Blüten und die in Fig. 1 abgebildeten Früchte als wirklich symmetrisch gelten.

§ 3. **Entstehungsweise der Glieder.** Abgesehen von der Bildung neuer Pflanzenindividuen entstehen alle Glieder des Pflanzenkörpers an anderen Gliedern und zwar zum Teil an gleichartigen, zum Teil an ungleichartigen. So erzeugt z. B. eine Wurzel wiederum seitliche Wurzeln, welche unter sich und mit der erzeugenden gleichartig sind; andererseits erzeugt z. B. ein Stengel außer den ihm gleichartigen Zweigen auch ungleichartige Glieder, nämlich Blätter oder Wurzeln. Die Erzeugung gleichartiger Glieder wird allgemein als Verzweigung bezeichnet.

Die Entstehungsweise der Glieder ist entweder normal oder adventiv. Normal nennen wir dieselbe, wenn das neue Glied an dem Vegetationspunkt des erzeugenden Gliedes direkt entsteht, d. h. in jener Region, welche, im jüngsten Zustande befindlich, den Ausgangspunkt für die Gestaltung bildet. In der weitaus größten Mehrzahl der Fälle liegt der Vegetationspunkt an der Spitze jedes Gliedes (wie z. B. an der Spitze des in Fig. 2 dargestellten Stengels, an welchem die jüngsten Blätter *b* entspringen), nur selten an der Basis oder einer anderen Stelle zwischen Basis und Spitze (interkalar). Adventiv dagegen entstehen solche Glieder, welche an älteren Stellen des erzeugenden Gliedes auftreten, deren Vegetationspunkt somit nicht aus einem anderen Vegetationspunkt direkt hervorgeht, sondern sich von neuem bildet.

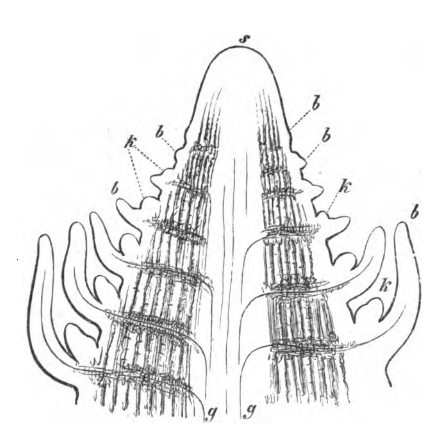


Fig. 2. Längsschnitt durch eine Stengelspitze von Hippuris. *s* der Stammscheitel, *bb* die Blätter, nach oben zu immer jünger werdend, *k* deren Achselknospen (nach *Sachs*).

Die normale Entstehung kann nun wieder entweder

1. durch Dichotomie erfolgen; d. h. der ursprüngliche Vegetationspunkt teilt sich in zwei neue Vegetationspunkte, welche wenigstens anfangs unter sich gleich stark sind; es hört somit das ursprüngliche Glied sowie die ursprüngliche Längsachse zu existieren auf. Es ist die dichotomische Entstehungsweise nicht so häufig als die folgende, und nur bei eigentlicher Verzweigung bekannt, d. h. die beiden Gabeläste sind unter sich und mit dem ursprünglichen Gliede, dem Fußstück der Dichotomie, gleichartig;

oder 2. seitlich; es bleibt hier der ursprüngliche Vegetationspunkt und die ursprüngliche Längsachse erhalten; die neuen Glieder treten seitlich hervor (Figur 2 *b* u. *k*); gewöhnlich erfolgt alsdann die Anlage der neuen Glieder in progressiver Reihenfolge, und zwar, da wir wiederum die Vegetationspunkte am häufigsten an der Spitze der Glieder finden, in akropetaler Reihenfolge, d. h. so, dass jedesmal das jüngste seitliche Glied der Spitze des erzeugenden Gliedes am nächsten liegt; so entsteht das jüngste Blatt (Fig. 2) der Spitze des Stengels näher, als alle anderen; daher erhält man bei progressiver Entstehung die zeitliche Reihenfolge

unmittelbar aus der räumlichen Anordnung, d. h. zählt man z. B. die Blätter gegen den Vegetationspunkt des sie erzeugenden Stengels zu fortschreitend, so giebt die räumliche Reihenfolge zugleich die Entstehungsfolge der Blätter an.

Adventiv entstehen sehr häufig Sprosse auf den Wurzeln der Laubbäume (Wurzelbrut), oder an Stämmen, namentlich dann, wenn diese der Krone beraubt worden (Stockausschlag), oder auf Blättern vieler Pflanzen (Blattstecklinge), besonders häufig bei Farnen (Fig. 3); noch häufiger als Adventivsprosse sind Adventivwurzeln, welche aus älteren Pflanzenteilen entspringen.



Fig. 3. Asplenium decussatum; mittlerer Teil eines erwachsenen Blattes, *st* Mittelrippe, *l* Blattabschnitte, *k* Adventivspross (nach *Sachs*).

Eine weitere Verschiedenheit der Entstehungsweise liegt darin, dass die einen Glieder exogen entstehen, d. h. aus den äußeren Gewebeschichten des erzeugenden Gliedes, so die Blätter an einem Stamm (Fig. 2), andere dagegen endogen, d. h. im Inneren des erzeugenden Gliedes mit Durchbrechung der äußeren Schichten desselben; so kommen die Wurzeln aus anderen Wurzeln (s. Fig. 36), oder aus Stämmen hervor.

§ 4. **Anordnung seitlicher Glieder an gemeinsamer Achse.** Wenn an einem Gliede, der gemeinsamen Achse, mehrere seitliche Glieder entstehen, so können wir deren gegenseitige Stellung in doppelter Hinsicht untersuchen: in der Längsrichtung und am Umfange der gemeinsamen Achse.

Bezüglich der Längsrichtung beobachten wir, dass auf einer Querzone des erzeugenden Gliedes entweder immer nur ein seitliches Glied entspringt — zerstreute Stellung —, oder dass deren mehrere auf einer Querzone stehen und einen Quirl (oder Wirtel) bilden, z. B. die Blätter in Fig. 4. Handelt es sich im letzteren Falle um normal entstandene Glieder, so lässt sich nach der Regel der progressiven Entstehung vermuten, dass diese in gleicher Entfernung vom Vegetationspunkt der gemeinsamen Achse entstandenen Glieder auch zu gleicher Zeit angelegt werden, und es trifft dies auch für viele Quirle wirklich zu (simultane Quirle); es giebt indes auch succedane Quirle, deren einzelne Glieder selbst eine gewisse Reihenfolge in ihrer Entstehung einhalten (Blätter der Characeen). Hiermit nicht zu verwechseln sind die Scheinquirle, welche dadurch zu stande kommen, dass Glieder, welche deutlich vereinzelt entstanden sind, durch nachträgliche Veränderungen einander so genähert werden, dass sie auf einer einzigen Querzone zu stehen scheinen (z. B. die obersten Blätter am Stengel der Feuerlilie, die sog. Quirläste der Nadelhölzer).

Die Verteilung der seitlichen Glieder am Umfange der gemeinsamen

Achse ist nach dem oben (§ 2) Gesagten entweder multilateral, oder bilateral oder dorsiventral, und es erfordert jeder dieser drei Fälle eine gesonderte Betrachtung. Wir beschränken uns hierbei auf die normal entstandenen Glieder, da deren Stellungsverhältnisse mit der progressiven Entstehungsweise in ursächlichem Zusammenhange stehen.

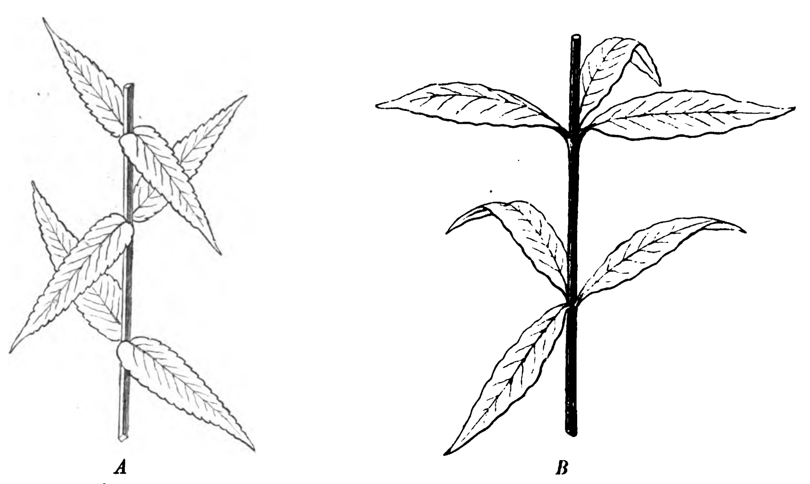


Fig. 4. *A* Stengel von Stachys palustris mit zweigliederigen Quirlen, *B* von Lysimachia vulgaris mit dreigliedrigen Quirlen. (Nach *Frank*.)

1. Multilaterale Anordnung. Gehen wir von der quirligen Stellung aus, so ergiebt sich zunächst, dass die Glieder eines einzelnen Quirls sich gleichmäßig über den Umfang der betreffenden Querzone verteilen; d. h. besteht der Quirl z. B. aus zwei Gliedern, so stehen dieselben einander gerade gegenüber (z. B. die Blätter in Fig. 4 *A*); ihre gegenseitige Entfernung beträgt die Hälfte des Stengelumfangs. Diese Entfernung wird an den Insertionspunkten gemessen, d. h. an dem organischen Mittelpunkt der Insertionsfläche. Sind es z. B. 3 (Fig. 4 *B*) oder 4 Glieder, welche zusammen einen Quirl bilden, so beträgt die Entfernung je zweier unmittelbar benachbarter Glieder $^1/_3$ oder $^1/_4$ des Umfanges der gemeinsamen Achse. Diese seitliche Entfernung zweier unmittelbar nebeneinander stehenden Glieder am Umfang der gemeinsamen Achse, gemessen an den Insertionspunkten, wird Divergenz genannt und in Bruchteilen des Umfangs ausgedrückt.

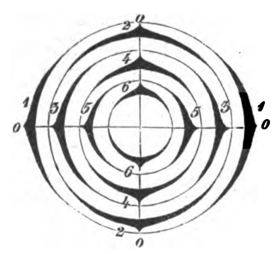


Fig. 5. Diagramm einer Achse mit alternierenden zweigliederigen Quirlen, *00 00* die vier Orthostichen *11*, *22*, *33* u. s. f. die aufeinanderfolgenden Quirle.

Bei quirliger Stellung ist es ferner (freilich nicht ausnahmslos) Regel, dass die aufeinanderfolgenden Quirle, wenn sie je die gleiche Anzahl von Gliedern enthalten, miteinander alternieren, d. h. dass die Glieder eines Quirls in der Mitte liegen zwischen je zwei Gliedern des folgenden

oder des vorhergehenden Quirls. Es fallen somit die Glieder je des zweiten Quirls gerade übereinander (Fig. 4 *A*).

Diese Anordnung sowie überhaupt alle Stellungsverhältnisse, lassen sich sehr übersichtlich in sogen. Diagrammen (z. B. Fig. 5, 6) darstellen, d. h. in schematischen Grundrissen der konisch gedachten Achse, in welchen jede höher gelegene Insertion eines Gliedes auf einen weiter innen befindlichen konzentrischen Kreis eingetragen wird.

Wie aus dem Diagramm Fig. 5 ersichtlich, stehen die Glieder bei alternierend quirliger Stellung in doppelt so viel geraden Längsreihen am Stengel, als der einzelne Quirl Glieder enthält, natürlich vorausgesetzt, dass alle Quirle gleichzählig sind. Diese geraden Längsreihen, welche in dem Diagramme als radiale Linien erscheinen, werden Orthostichen genannt.

Der hier dargestellte Fall zweizähliger alternierender Quirle kommt sehr häufig vor und wird als gekreuzte oder decussierte Stellung bezeichnet. Die beiden Glieder eines zweigliederigen Quirls nennt man auch opponiert.

Beispiele für alternierende Quirle in multilateraler Anordnung liefern die Blätter der Characeen, von Equisetum, Hippuris; dreizählige Quirle bilden die Blätter von Juniperus communis und Lysimachia (Fig. 4 *B*), decussiert stehen die Blätter der Labiaten (Fig. 4 *A*), Eschen, Ahorne u. s. w.

Verhältnismäßig selten kommt es vor, dass gleichzählige Quirle einander superponiert sind, d. h. dass ihre Glieder gerade übereinanderfallen, dass somit nur soviel Orthostichen existieren, als ein Quirl Glieder enthält, so in manchen Blüten. — Sind aufeinanderfolgende Quirle ungleichzählig, so treten komplizierte Alternationsverhältnisse ein, die hier nicht näher erörtert werden können so am Stengel von Polygonatum verticillatum, in den Blüten der Pomoideae u. a.

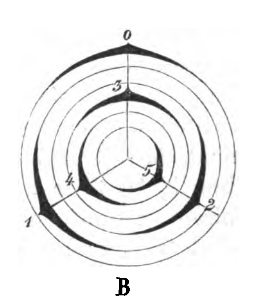


Fig. 6. Diagramm der multilateralen zerstreuten Stellung mit der Divergenz $1/3$.

Bei zerstreuter Anordnung der Seitenglieder überzeugt man sich leicht, dass gewöhnlich innerhalb einer gewissen Region der gemeinsamen Achse die Divergenz konstant ist, d. h. dass jedes Glied von seinem unmittelbar vorhergehenden oder folgenden um die gleiche Divergenz entfernt ist. Gehen wir von einem einfachen Falle, der Divergenz $1/3$ aus (Fig. 6), und bezeichnen irgend ein Seitenglied als 0, so steht das der Entstehung nach nächste Glied, welches bei akropetaler Anordnung zunächst oben an der gemeinsamen Achse folgt, und als 1 bezeichnet sei, um $1/3$ des Umfangs von 0 entfernt, ebenso 2 um $1/3$ von 1, dann 3 von 2 u. s. w. Es fällt daher 3 wieder gerade über 0, 4 über 1, 5 über 2 u. s. w.; es sind somit 3 Orthostichen vorhanden. Schreiten wir nun in der angegebenen Weise von Glied 0 zu 1, 2, 3 u. s. w. immer in derselben Richtung fort, so umlaufen wir dabei die gemeinsame Achse in einer Spirale, welche nach je einem Umgang wieder dieselbe Orthostiche trifft und innerhalb eines ganzen Umgangs 3 Seitenglieder berührt. Diese Spirale trifft sämtliche Seitenglieder und heißt, da sie dieselben ihrer Entstehungsfolge nach mit einander verbindet, die genetische oder Grundspirale. Die Zahl der Seitenglieder, welche

sie in sich aufnimmt, bis sie wieder zu derselben Orthostiche kommt, in unserem Falle also 3, wird ein Cyklus genannt. Man ersieht hieraus die Beziehungen zwischen der Konstruktion der Spirale und dem Bruch, welcher die Divergenz ausdrückt: der Nenner dieses Bruches giebt die Anzahl der Orthostichen an, der Zähler die Anzahl der Umgänge der Spirale innerhalb eines Cyklus.

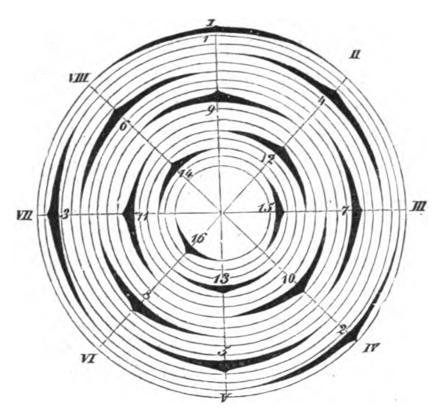


Fig. 7. Diagramm mit konstanter $^3/_8$ Divergenz. *I, II, III* u. s. f. die Orthostichen (nach *Sachs*).

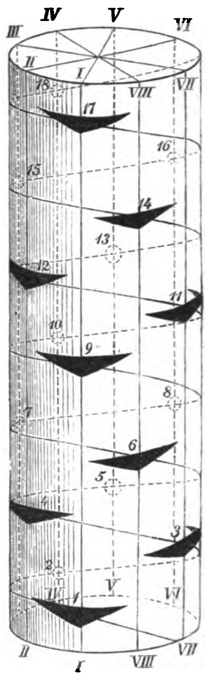


Fig. 8. Schema einer Achse, deren Seitenglieder in konstanter Divergenz $^3/_8$ angeordnet sind; die der vorderen Seite sind durch die Insertionsflächen, die der Rückseite durch Kreise angedeutet; sie sind durch die genetische Spirale verbunden. *I I, II II* u. s. w. sind die acht Orthostichen.

Sehr häufig ist das Stellungsverhältnis mit der Divergenz $^2/_5$, dessen geometrische Beziehungen nach oben Gesagtem sich von selbst ergeben. Ebenso überzeugt man sich in den Figuren 7 und 8, welche die Stellung nach konstanter Divergenz $^3/_8$ darstellen, leicht, dass 8 Orthostichen vorhanden sind, Glied 9 über 1, 10 über 2 u. s. w. fällt, ferner, dass die Spirale erst auf jeder dritten Orthostiche wieder ein Glied trifft und innerhalb des Cyklus dreimal die Achse umläuft.

Will man an einer Achse das Stellungsverhältnis, z. B. an einem Stengel die Blattstellung bestimmen, so braucht man somit nur das Blatt zu suchen, das gerade über demjenigen, das man zum Ausgangspunkt wählt, steht, und dessen Nummer zu bestimmen, indem man das Ausgangsblatt als 0 bezeichnet und die dazwischen liegenden Blätter der Spirale auf dem kurzen Wege folgend numeriert. Die Nummer des in derselben Orthostiche liegenden Blattes giebt sofort den Nenner des Divergenzbruches; der Zähler wird durch die Anzahl der Umgänge der Spirale zwischen diesen beiden Blättern angegeben.

Ist jedoch die Anzahl der Orthostichen noch größer als 8, so wird es, besonders wenn die Seitenglieder dicht gedrängt stehen (z. B. die Blätter der Rosetten von Sempervivum, die Blüten in den Köpfen der Sonnenblume, die Schuppen der Tannenzapfen), sehr schwer, die Orthostichen überhaupt zu erkennen. Es treten alsdann andere,

schräge Zeilen, die **Parastichen** hervor, welche spiralig um die Achse laufen, aber nur je einen Teil der Glieder enthalten, z. B. in Fig. 8 eine Linie, welche die Glieder 3, 6, 9, 12 u. s. w. enthält. Es ist einleuchtend, dass so viele einander parallele Parastichen vorhanden sein müssen, als die Differenz der Nummern der Glieder innerhalb einer Parastiche angiebt, bei genanntem Beispiele noch eine mit den Gliedern: 2, 5, 8, 11 u. s. w.; und eine mit 1, 4, 7, 10 u. s. w. Daraus ergiebt sich eine einfache Methode, um in komplizierten Fällen die Aufeinanderfolge der Glieder zu bestimmen, diese zu beziffern: Man zählt die nach einer Richtung verlaufenden einander parallelen Parastichen ab und beziffert in einer derselben die Glieder nach obiger Regel; wiederholt man dasselbe mit einem anderen das erste schneidenden Parastichensystem, so ist für jedes Glied die Ziffer bekannt.

Die am häufigsten vorkommenden Divergenzen sind folgende:

$^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$ . . . . . .

Diese Reihe ist dem Gedächtnisse leicht einzuprägen, denn wie man sieht, ist der Zähler jedes Bruches die Summe aus den beiden vorhergehenden, und ebenso der Nenner. Es giebt aber auch Divergenzen, welche nicht in dieser Reihe enthalten sind, z. B. $^1/_4$, $^2/_7$, $^2/_9$ u. a.

Beispiele für die Divergenz $^1/_3$: Blätter vieler Moose, der Cyperaceen, Blätter und Zweige der Erlen; die Divergenz $^2/_5$ zeigen z. B.: die Blätter sehr vieler krautiger Stengel, Zweige der Weiden u. s. w.; mit $^3/_8$ und $^5/_{13}$ sind häufig die Nadeln der Fichten und Tannen gestellt; $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$ kommen vor an den Zapfen der Nadelhölzer, in den Köpfen vieler Compositen u. a.; die Divergenz $^1/_4$ zeigen die Blätter mancher Algen (Polysiphonia).

Wie bereits oben angedeutet, stehen diese Stellungsgesetze im engsten Zusammenhange mit der progressiven Entstehung der Seitenglieder; es lässt sich zeigen, dass das Stellungsverhältnis, wenn einmal begonnen, sich in derselben Weise fortsetzt, weil jedes neue Seitenglied am Vegetationspunkt da entsteht, wo zwischen den bereits vorhandenen Gliedern sich die größte Lücke befindet, und sich dabei den vorhergehenden unmittelbar anschließt. So lange nun das Größenverhältnis zwischen den Anfängen der Seitenglieder und dem Umfang der gemeinsamen Achse sich nicht ändert, bleibt auch die Divergenz konstant; wenn aber z. B. von einem gewissen Zeitpunkte an die neu entstehenden Glieder relativ schmäler sind, als die vorhergehenden, so wird die Anzahl der Orthostichen und Parastichen begreiflicherweise vermehrt; daher finden wir Änderungen der Divergenzen gerade da, wo jenes Größenverhältnis sich ändert, z. B. an der Basis und dem Scheitel der Coniferenzapfen, an der Basis der Blütenköpfe der Compositen. Außerdem können noch nachträgliche Änderungen und Verschiebungen durch die Größenzunahme der Achse und der heranwachsenden Seitenglieder herbeigeführt werden.

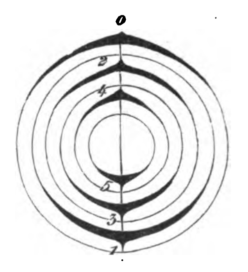


Fig. 9. Diagramm der alternierend zweizeiligen Stellung.

2. **Bilaterale Anordnung.** Bilateral angeordnete Seitenglieder entspringen an zwei einander diametral gegenüberliegenden Seiten der gemeinsamen Achse und bilden somit zwei Zeilen oder Orthostichen. Zumeist stehen die Seitenglieder in den beiden Längszeilen auf abwechselnder

Höhe, alternieren (Fig. 9), und man kann somit auch hier eine Spirale konstruieren, welche nach je einem halben Umgange ein Seitenglied trifft und sämtliche vorhandene in ihrer Altersfolge miteinander verbindet; es ist hier aber völlig gleichgiltig, nach welcher Richtung wir uns die Spirale gelegt denken wollen. In derartiger Stellung finden wir z. B. die Blätter mancher Moose (Fissidens) und Farne, die Blätter und Zweige vieler Bäume, (Ulme, Hainbuche, Linde), die Blätter der Gräser. Nur selten stehen die Glieder beider Zeilen paarweise auf gleicher Höhe, bilden also zweigliederige superponierte Quirle, so z. B. die Blätter mancher Algen (Pterothamnion) und vieler Najadaceen, bei letzteren wahrscheinlich infolge nachträglicher Verschiebung.

3. Die dorsiventrale Anordnung der Seitenglieder kann sich in sehr verschiedener Weise äußern; wir können unterscheiden zwischen solchen Achsen, bei welchen die Seitenglieder überhaupt nur auf einer Seite entspringen, und anderen, welche auf verschiedenen Seiten ungleichartige Seitenglieder erzeugen. Als Beispiel erster Art seien die blütentragenden Zweige der Wicken genannt, welche nur auf einer Seite Blüten tragen, ferner der Thallus der Marchantien, dessen Schuppen und Haare nur auf der Bauchseite entspringen. Ein Beispiel letzterer Art liefert der Stamm von Marsilia (Fig. 10), welcher auf der Rückenseite in zwei Zeilen die Blätter, an den Flanken, d. h. links und rechts einander diametral gegenüberliegend die Seitenzweige und auf der Bauchseite die Wurzeln trägt.

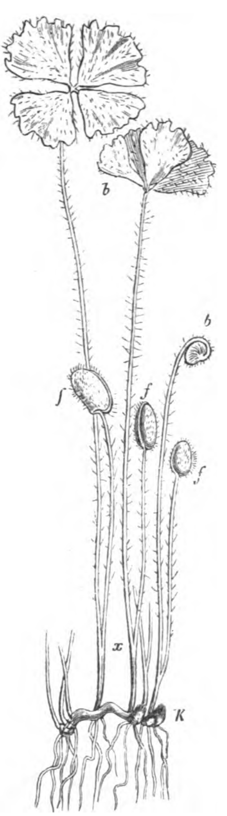


Fig. 10. Marsilia salvatrix. *K* kriechender Stamm, auf der Rückseite die Blätter *b* tragend; *f* Sporenfrüchte. (Nach *Sachs*.)

Dass auch Quirlbildung bei dorsiventraler Anordnung nicht ausgeschlossen ist, zeigt Salvinia, deren Blätter in alternierenden dreizähligen Quirlen so angeordnet sind, dass vier Zeilen auf dem Rücken einander ziemlich genähert, und zwei entferntere Zeilen auf der Bauchseite verlaufen.

Die dorsiventrale Anordnung zeigt dadurch Beziehungen zur bilateralen, dass manche Achsen ihre Seitenglieder bilateral anlegen, aber im fertigen Zustande auf dem Rücken tragen. So entstehen an den kriechenden Stämmen von Butomus die beiden Blattzeilen, welche auf dem Rücken einander sehr genähert sind, ursprünglich rechts und links einander diametral gegenüber; an den Zweigen der Rotbuche stehen im fertigen Zustande die beiden Blattzeilen an der Unterseite der Zweige einander genähert, die Seitenzweige hingegen etwas nach aufwärts verschoben.

Die dorsiventrale oder bilaterale Anordnung findet sich nicht selten mit der multilateralen an derselben Pflanze vereinigt, aber auf verschiedene Regionen verteilt. So stehen z. B. bei der Weißbuche, Ulme u. a. die Blätter der Hauptachse (der Keimpflanze) multilateral, an den Zweigen dagegen bilateral.

§ 5. **Ausbildung von Verzweigungssystemen.** Die soeben besprochenen Stellungsgesetze gelten für alle seitlich entstehenden Glieder, mögen dieselben unter sich und mit der erzeugenden Achse gleichartig oder ungleichartig sein. In den Fällen jedoch, in welchen Verzweigung stattfindet, d. h. Bildung gleichartiger Glieder (Wurzeln an der Wurzel, Seitenzweige an einem Stamm u. s. w.), finden wir in dem gegenseitigen Verhältnis dieser Auszweigungen noch anderweitige Gesetzmäßigkeiten, welche dahin führen, dass wir an den verschiedenartigen Gliedern immer wieder dieselben Typen von Verzweigungssystemen finden. Es handelt sich hier dann hauptsächlich um die stärkere oder geringere Entwickelung der einzelnen Teile des Verzweigungssystems.

Wir unterscheiden nach der Entstehungsweise der Verzweigungen zunächst dichotomische und monopodiale Systeme, doch sind dieselben durch Übergänge miteinander verbunden.

1. Bei dichotomischer Verzweigung (s. oben § 3) können sich die beiden Gabelzweige, welche bei ihrer Entstehung gleich stark sind, entweder

a) auch fernerhin gleich stark entwickeln: die Dichotomie bildet sich gabelig aus (Fig. 11 *A*). Dabei können wiederum die verschiedenen aufeinanderfolgenden Gabelungen entweder in einer Ebene liegen (wie in Fig. 11 *A*), z. B. am Thallus mancher Lebermoose, an den Blättern von Schizaea dichotoma; das ganze System wird hierdurch bilateral; oder die aufeinanderfolgenden Gabelungen treten in verschiedenen, meist sich kreuzenden Richtungen auf, — multilateral, z. B. an den Wurzeln von Selaginella;

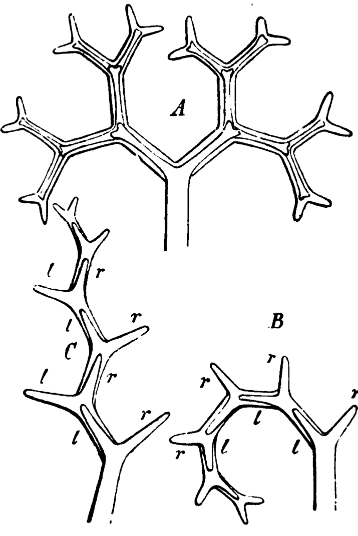


Fig. 11. Schema der dichotomischen Verzweigungssysteme. *A* gabelige Dichotomie; *B* schraubelähnliche Dichotomie; es entwickeln sich hier immer die linken Gabeläste (*l*) stärker als die rechten (*r*). *C* wickelähnliche Dichotomie; es entwickeln sich abwechselnd rechte (*r*) und linke (*l*) Gabeläste stärker (nach *Sachs*).

oder b) das System wird sympodial, wenn bei jeder Gabelung ein Ast sich nachträglich stärker entwickelt, als der andere; die Fußstücke der aufeinanderfolgenden Gabelungen bilden dann scheinbar einen Hauptspross, Scheinachse oder Sympodium genannt, an welchem die schwächeren Gabeläste wie seitliche Sprossungen erscheinen (Fig. 11 *B*, *C*). Dieses Sympodium besteht nun entweder aus den Gabel-

ästen immer derselben Seite (z. B. immer der rechten oder immer der linken, Fig. 11 *B*), schraubelähnliche Dichotomie, z. B. am Thallus von Fucus; oder es besteht aus abwechselnd rechten und linken Gabelästen (Fig. 11 *C*), wickelähnliche Dichotomie, z. B. am Stamm der meisten Selaginellen.

2. Das monopodiale System kommt dadurch zu stande, dass das sich verzweigende Glied in seiner ursprünglichen Richtung fortwachsend seitliche Auszweigungen in progressiver Reihenfolge erzeugt; es bildet also für alle Seitenzweige das gemeinsame Fußstück, daher heißt das ganze System Monopodium. Dasselbe kann sich entweder:

a) racemös ausbilden, wenn die Mutterachse sich fortan stärker entwickelt als alle Seitenachsen, zahlreiche Seitenachsen gleichen Grades erzeugt, und sich auch jede Seitenachse bezüglich ihrer Seitenachsen höherer Ordnung ebenso verhält (Stämme der Tannen, Fichten, Blätter der meisten Farne, vieler Doldengewächse u. s. w.);

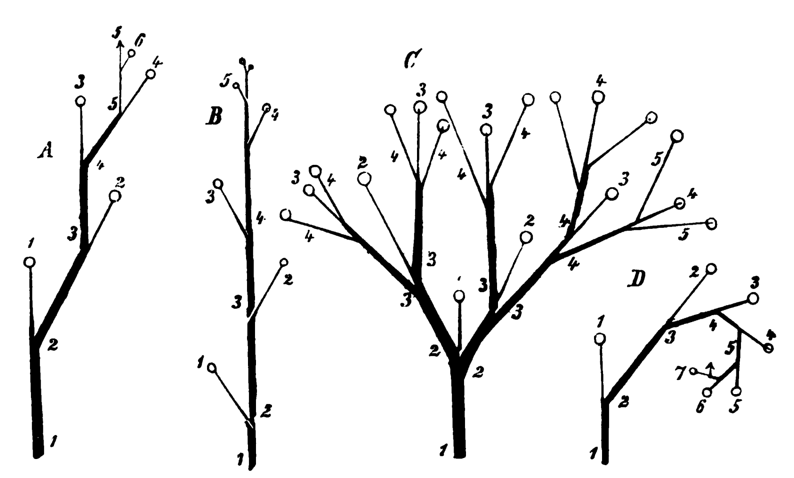


Fig. 12. Schematische Darstellung der cymösen Verzweigungssysteme; *A* und *B* Wickel, *C* Dichasium, *D* Schraubel (nach *Sachs*).

oder b) cymös, wenn jede anfangs schwächere Seitenachse frühzeitig anfängt, stärker zu wachsen als ihre Hauptachse oberhalb ihrer Ursprungsstelle, und sich auch mehr verzweigt, so dass die Entwickelung des Verzweigungssystems auf Achsen immer höherer Grade übergeht (Fig. 12). Dabei kommt entweder:

α) keine Scheinachse zu stande; nämlich zwei oder mehr Seitenachsen entwickeln sich nach verschiedenen Richtungen hin stärker als die Mutterachse, aber unter sich annähernd gleich stark (Fig. 12 *C*), während die Mutterachse bald zu wachsen aufhört. Das Verzweigungssystem sieht, wenn die Anzahl der geförderten Seitenachsen zwei beträgt, einer Dichotomie entfernt ähnlich und wird (als falsche Dichotomie, besser) als Dichasium bezeichnet, bei Mehrzahl der geförderten Seitenachsen als Pleiochasium. Wiederholt sich diese Verzweigung in mehreren Graden,

so liegen die einzelnen Dichasien entweder alle in einer Ebene (z. B. am Stamme von Viscum), oder meistens in verschiedenen Ebenen; weitere Beispiele hierfür liefern die Blütenstände von Euphorbia, die Zweige von Syringa, an welchen gewöhnlich die Endknospe verkümmert, und die beiden obersten Seitenknospen sich weiter entwickeln, ähnlich Rhamnus cathartica, deren Endknospe in einen Dorn übergeht.

Oder β) es entsteht eine Scheinachse, ein Sympodium (Fig. 12 *A, B, D*), wenn jedesmal nur eine Seitenachse sich stärker entwickelt, also z. B. in Fig. 12 *A* die Seitenachse 2 stärker als das obere Ende der Mutterachse 1 u. s. f. Die stärkere Entwickelung ist in der Figur durch stärkere Linien angedeutet. Beispiele für diese Sympodienbildung finden sich an zahlreichen unterirdischen Stämmen, so von Polygonatum u. a. (s. unten § 12), welche sich jährlich mit ihrer Spitze über die Erde erheben, während ein Seitenzweig unter der Erde die bisherige Wachstumsrichtung fortsetzt; ferner kommt ähnliches, wenn auch nicht in ganz reiner Form, an den Zweigen vieler Holzgewächse vor (s. unten § 12). Zahlreiche Beispiele für sympodiale Ausbildung liefern sodann die später (IV. Teil) zu behandelnden Blütenstände.

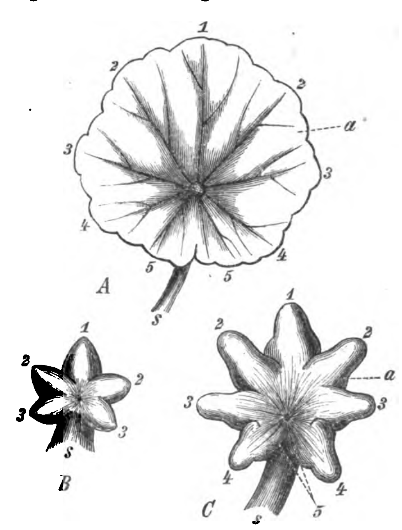


Fig. 13. Blatt von Hydrocotyle; *A* im erwachsenen Zustande, natürl. Größe; *B* sehr jung, *C* etwas älter, letztere beiden etwa 50mal vergr.; *s* Blattstiel; *1—5* die aufeinanderfolgenden Zweige des Blattes; *a* weitere Auszweigung an diesen, zuletzt nur als schwache Kerbe erscheinend.

§ 6. **Verwachsungen.** Es kommt vor, dass die ursprünglich freien Ränder von Pflanzenteilen nachträglich mit einander verwachsen, zusammenwachsen, so z. B. die Ränder der zu einem Fruchtknoten sich schließenden Blätter. Viel häufiger indes verstehen wir unter Verwachsung den Vorgang, dass einzelne Anlagen von Gliedern durch Wachstum ihrer gemeinschaftlichen Basis zu einem Ganzen verbunden werden. So erscheinen z. B. die Zweige des in Fig. 13 dargestellten Blattes, welche im jungen Zustande deutlich hervortreten, durch Wachstum der mittleren Partie zuletzt nur noch als schwache Vorragungen am Rande einer zusammenhängenden Scheibe. So entstehen die verwachsen-

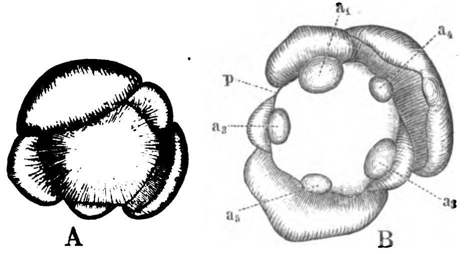


Fig. 14. Junge Entwickelungsstadien der Blüte von Convolvulus arvensis. *A* Anlage der 5 später verwachsenen Kelchblätter nach $^2/_5$ Divergenz; *B* die Blumenblätter *p* schwach angedeutet, die Staubblätter $a_1 \ldots a_5$ nach $^2/_5$ Divergenz gebildet. (Nach *Frank*.)

blätterigen Kelche, Blumenkronen (Fig. 14) dadurch, dass die quirlig gestellten Blattanlagen durch Streckung ihrer gemeinschaftlichen Basis emporgehoben werden und die Lappen an der Spitze einer Röhre bilden.

In gleicher Weise können auch in ungleicher Höhe entspringende Anlagen miteinander verwachsen, so die Staub- und Kronenblätter mancher Blüten, selbst ungleichartige Glieder, wie die Blätter mit den in ihren Achseln entspringenden Zweigen des Stengels.

Anhang.

Zur Bezeichnung der Gestalt der Pflanzenteile werden in der beschreibenden Botanik eine Anzahl von Ausdrücken gebraucht, von welchen die wichtigsten und nicht ohne weiteres verständlichen hier angeführt seien.

1. Der Umriss flächenartiger Gebilde heißt linealisch (linearis), wenn die Ränder annähernd parallel verlaufen (Blätter der meisten Gräser). Schneiden sich die gekrümmt verlaufenden Ränder an beiden Enden in einem Winkel, so heißt der Umriss lanzettlich (lanceolatus) oder elliptisch, je nachdem der Längsdurchmesser die Breite mehrfach übertrifft oder nur doppelt so groß ist. Verlaufen hingegen die gekrümmten Ränder an beiden Enden gleichmäßig zugerundet, so gelten ebenso wie vorhin die Ausdrücke länglich (oblongus) und oval (ovalis). Liegt der größte Breitendurchmesser dem Grunde näher, so heißt der Umriss eiförmig (ovatus), wenn aber der Spitze näher: verkehrteiförmig (obovatus).

2. Die Spitze ist spitz (acutus), stumpf (obtusus), zugespitzt (acuminatus), d. h. in eine besondere Spitze vorgezogen; bespitzt (apiculatus), d. h. mit einer aufgesetzten Spitze versehen; gestutzt (truncatus), d. h. durch eine gerade Querlinie abgeschnitten; ausgerandet (emarginatus) mit einer Ausbuchtung in der stumpfen Spitze; verkehrtherzförmig (obcordatus) mit einem tiefen Einschnitt zwischen zwei gerundeten Lappen.

3. Für die Basis, für welche ebenso mehrere der ebengenannten Bezeichnungen gelten, ist noch hinzuzufügen: herzförmig (cordatus); spießförmig (hastatus) mit querabstehenden spitzen Lappen; pfeilförmig (sagittatus) mit rückwärts divergierenden Lappen.

4. Der Rand heißt ganzrandig (integerrimus), wenn keine Einschnitte oder Vorsprünge vorhanden sind; mit unbedeutenden Vorsprüngen heißt er gekerbt (crenatus) mit stumpfen Vorsprüngen; gezähnt (dentatus) mit spitzen Vorsprüngen aber stumpfen Buchten; gesägt (serratus) mit spitzen Vorsprüngen und spitzen Buchten. Sind tiefere Einschnitte vorhanden, so heißt ein Gebilde (z. B. ein Blatt) gelappt (lobatus), wenn die Einschnitte nicht bis zur Mitte reichen, gespalten (fissus), wenn sie bis zur Mitte, geteilt (partitus), wenn sie beinahe bis zum Grunde reichen.

Zweites Kapitel.

Glieder des Pflanzenkörpers.

§ 7. Suchen wir die einzelnen Glieder des Pflanzenkörpers ihrer Gestalt nach zu unterscheiden und die allgemeinen Züge, welche bei verschiedenen Pflanzen und Pflanzenklassen wiederkehren, herauszufinden, so müssen wir zunächst von den eigentlichen Fortpflanzungsorganen absehen; denn diese sind für die einzelnen Abteilungen des Pflanzenreiches



so verschieden, dass sie nicht ohne weiteres miteinander in Vergleich gesetzt werden können. Wir fassen daher hier nur den Vegetationskörper der Pflanze ins Auge und finden, indem wir von der Funktion zunächst abstrahieren und die Entstehungsweise seiner Teile, sowie den Vergleich verwandter Pflanzen zu Grunde legen, vier verschiedene Arten von Gliedern: Stamm, Blatt, Wurzel und Haargebilde.

Der Stamm nebst seinen Zweigen trägt die an seinem fortwachsenden Ende erzeugten Blätter.

Die Blätter entstehen stets in progressiver Reihenfolge, immer exogen, und nehmen immer eine andere Gestalt an, als der sie erzeugende Stamm und dessen Seitenzweige.

Die Wurzeln, eine Eigentümlichkeit der höher organisierten Pflanzen, erzeugen niemals Blätter, entstehen endogen und sind an ihrem Scheitel mit einem eigentümlichen Gewebe, der Wurzelhaube bedeckt.

Als Haarbildungen fasst man die aus der Oberhaut oder auch den äußersten Schichten entstehenden Haare, Stacheln u. dgl. zusammen, welche an Stämmen, Blättern und Wurzeln auftreten können.

Diese viererlei Glieder sind aber hinsichtlich ihrer Beteiligung am Aufbau des Pflanzenkörpers nicht gleichwertig. Wie schon aus obigen Definitionen hervorgeht, bilden Stamm und Blätter ein zusammengehöriges Ganzes, das wir als Spross bezeichnen. Der Spross entsteht bei der Bildung eines neuen Pflanzenindividuums zuerst; ein Spross oder häufiger ein System von Sprossen bildet die Grundlage des Pflanzenkörpers; an den Sprossen werden die Wurzeln, Haargebilde und Fortpflanzungsorgane erzeugt.

Bei niedriger organisierten Pflanzen (den meisten Algen, Pilzen, manchen Moosen, auch bei Lemna) finden wir an Stelle des Sprosses einen Körper, welcher keine Differenzierung in Stamm und Blatt besitzt; er wird Thallus genannt und trägt ebenso, wie sonst der Spross, Haare und Fortpflanzungsorgane. Es kann aber auch, von den Fortpflanzungsorganen abgesehen dem Thallus jede Differenzierung ungleichartiger Glieder mangeln, so z. B. bei vielen Pilzen.

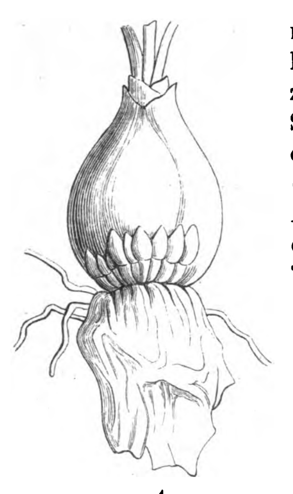
Je nach der Funktion im Leben der Pflanze können nun diese Glieder verschiedene Ausbildung erfahren; so sind z. B. diejenigen Blätter der Phanerogamen, welche die Fortpflanzungsorgane tragen (Staub- und Fruchtblätter), von ganz anderer Gestalt, als die übrigen Blätter der gleichen Pflanze; einige Blätter, oder in anderen Fällen Seitenzweige des Stammes, bilden sich zu Ranken oder zu stechenden Dornen um u. s. w. Diese Verschiedenheit der Ausbildung je nach der Funktion bei gleicher Entstehungsweise bezeichnen wir als Metamorphose und sagen z. B.: die Ranken der Wicken, die Dornen von Berberis sind metamorphosierte Blätter; denn sie entstehen in derselben Weise, wie die Blätter, und stehen an derselben Stelle, wo sich bei verwandten Pflanzen ein Blatt befindet.

Es darf schließlich nicht unerwähnt bleiben, dass Übergänge zwischen den verschiedenen Gliedern existieren; so finden wir nicht blos schrittweise Übergänge vom Thallus zum beblätterten Stamm, sondern wir wissen auch, dass in einigen seltenen

Fällen einzelne Glieder direkt die Charaktere eines anderen annehmen können, dass z. B. Wurzeln in Stämme sich umbilden.

§ 8. **Die Entstehung der Sprosse.** Der Jugendzustand des Sprosses, in welchem Stamm und Blatt ihre definitive Größe und Gestalt noch nicht erreicht haben, wird als Knospe bezeichnet; in derselben stehen die jungen Blätter meist dichtgedrängt und neigen sich gewöhnlich über die Stammspitze zusammen. Das fortwachsende Ende eines Sprosses heißt demnach End- oder Terminalknospe; sie geht entweder allmählich in den ausgewachsenen Spross über, oder ist infolge periodischen Stillstands in der Entwickelung gegen die ältere Region scharf abgegrenzt, so am deutlichsten die Winterknospen der Bäume. Seitenknospen sind die noch ganz im Jugendzustand befindlichen seitlichen Zweige des Sprosses.

Normale Entstehung von Sprossen findet nur an anderen Sprossen durch Verzweigung statt. In sehr vielen Fällen besteht eine gesetzmäßige Beziehung zwischen dem Ort der Entstehung neuer Sprosse und den Blättern des Muttersprosses. So entstehen dieselben bei den höheren Pflanzen (Phanerogamen und Farnen), ferner bei einigen Algen axillär, nämlich in den Blattachseln, d. h. unmittelbar vor einem Blatt, dem Stütz- oder Tragblatt; sie entstehen hier schon mit der Anlage des Blattes. In der Regel trägt alsdann jedes Blatt nur einen Achselspross, bisweilen jedoch deren mehrere (Beisprosse), welche dann neben (collateral) oder vor einander (serial) stehen. Collaterale Beisprosse finden sich z. B. in der Achsel der Zwiebelschuppen von Muscari (Fig. 15 *A*), den Blütenständen von Musa, seriale bei Lonicera (Fig. 15 *B*), Juglans u. a. Bei den Moosen und manchen Farnen (Pteris aquilina) stehen die Seitenknospen unmittelbar neben oder hinter einem Blatte. Als Ausnahmen von dieser sehr allgemeinen Abhängigkeit der Sprossbildung von den Blattinsertionen sind zu nennen die durch Dichotomie entstehenden Sprosse (Selaginella), ferner jene dorsiventralen Stämme, deren Seitensprosse auf anderen Seiten als die Blätter entspringen (Marsilia, Polypodium).



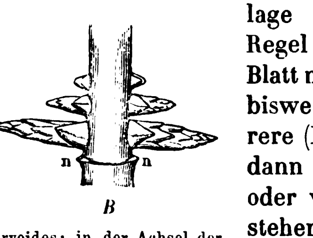


Fig. 15. *A* Zwiebel von Muscari botryoides; in der Achsel der zurückgeschlagenen Zwiebelschuppe collaterale Beisprosse. *B* Lonicera Xylosteum; seriale Beisprosse in der Achsel der abgefallenen Blätter *nn*.

Nicht alle als Knospen angelegten Seitensprosse brauchen sich auch wirklich zu Zweigen zu entwickeln; so bleiben z. B. die Achselknospen der untersten Blätter jedes Jahrestriebes an den meisten Bäumen in der Regel unentwickelt; sie werden nur infolge von Verletzungen, welche die übrigen Knospen entfernen, oder wenn die oberen Teile absterben, zur Entfaltung

angeregt. Solche Knospen, welche lange Zeit, oft viele Jahre lang sich nicht entfalten, heißen schlafende Knospen; Sprosse, die später daraus hervorgehen (z. B. die sog. Wasserreiser an älteren Bäumen), werden als Proventivsprosse bezeichnet.

Adventivsprosse siehe § 3. S. 5.

§ 9. **Die Gestalt des Stammes im Allgemeinen.** Die Gestalt der Stammgebilde wird in erster Linie durch die gegenseitige Entfernung der zugehörigen Blätter beeinflusst. Bleiben die zwischen den einzelnen Blättern liegenden Stammstücke auch im Verlaufe der Entwickelung kurz, wie sie im Knospenzustande gewöhnlich sind, so ist eine eigentliche Oberfläche des Stammes nicht oder kaum vorhanden (Blattrosetten des Wegerichs, der Hauswurz, mancher Moose, vieler Farne, Blätterbüschel der Lärche). In vielen anderen Fällen aber erfahren die zwischen den einzelnen Blättern liegenden Stammstücke eine bedeutende Streckung, so dass die Blätter auseinandergerückt werden; die gestreckten Partien heißen dann Internodien (z. B. an den meisten Baumzweigen); die Grenze zwischen denselben, d. h. diejenige Querzone, auf welcher ein Blatt oder mehrere einen Quirl bildende Blätter entspringen, heißt Knoten und ist nicht selten in hervorragender Weise ausgebildet, besonders bei quirlig gestellten Blättern (Labiaten, Schachtelhalmen, Characeen) oder bei stengelumfassenden Blättern (Gräser, Doldengewächse). Derjenige Teil der Stengeloberfläche, von welchem das Blatt entspringt, heißt die Insertion und ist an denjenigen Stammgebilden, welche ihre Blätter regelmäßig abwerfen, wie aller Holzgewächse, als sogen. Blattnarbe auffällig bemerkbar.

Die Stammgebilde sind vorherrschend multilateral gebaut, zumeist cylindrisch oder prismatisch. Die Kanten prismatischer Stämme stehen gewöhnlich mit der Anordnung der Blätter im Zusammenhang, wie am deutlichsten die bei decussierter Blattstellung so häufigen vierkantigen Stengel zeigen. Doch giebt es auch Stammgebilde, welche deutlich dorsiventral gebaut sind und im extremsten Falle sogar äußerlich wie Blätter erscheinen, so die unten § 12 zu besprechenden Phyllocladien.

Die Ausbildungsformen der Stammgebilde hängen so vielfach mit jenen der Blätter zusammen, dass sie erst nach deren Schilderung betrachtet werden können; s. unten § 12.

§ 10. **Die Gestalt des Blattes im Allgemeinen.** Das Blatt ist seiner Gestalt nach zumeist flach ausgebreitet, dorsiventral. Es lässt sich alsdann durch eine auf seiner Fläche senkrechte Ebene, die Mediane, welche man durch die Spitze und den Insertionspunkt legt, und welche die Längsachse des Blattes in sich enthält, in zwei einander ähnliche Hälften teilen. Meist sind diese rechte und linke Hälfte einander symmetrisch gleich; das Blatt heißt dann symmetrisch. Unsymmetrische Blätter, deren Hälften erhebliche Verschiedenheiten zeigen, finden sich z. B. bei der Ulme, besonders auffällig bei Begonia (Fig. 16). Die beiden Flächen des Blattes sind gewöhnlich von einander in Struktur, Farbe, Behaarung u. s. w.

verschieden. In der Regel liegt die Flächenausbreitung quer zur Medianebene, also auch quer zur Längsachse des Stengels; doch wird diese ursprüngliche Lage durch spätere Drehungen häufig verändert; bei decussierter Blattstellung (z. B. Philadelphus) oder zweizeiliger (z. B. Buche, Ulme) drehen sich an den wagerechten oder schrägen Zweigen die Blätter oft so, dass ihre oberen Flächen sämtlich in eine Linie zu liegen kommen; an den horizontalen Zweigen der Weißtanne drehen sich die rings um den Zweig gestellten Blätter so, dass ihre Oberseiten sämtlich zenithwärts schauen.

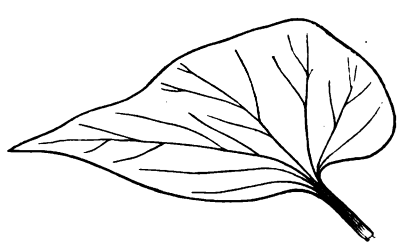


Fig. 16. Unsymmetrisches Blatt von Begonia.

Wenn auch die dorsiventrale Gestalt der Blätter als die häufigste bezeichnet werden kann, so ist sie doch durchaus nicht wesentlich; es giebt zahlreiche Blätter von fadenförmiger Gestalt (viele Algen), sowie prismatische (Nadeln der Fichte), annähernd cylindrische (Sedum), dabei zugleich röhrige (Allium, Juncus). Seltener ist die schwertförmige Gestalt (z. B. Iris), d. h. die Ausbreitung des Blattes fällt in die Medianebene selbst; während in genanntem Falle die Insertion des Blattes am Stamm in normaler Weise quer verläuft, steht dieselbe nebst der Blattfläche bei manchen Moosen (Blasia, Schistostega) longitudinal.

Die oben als häufigstes Vorkommnis bezeichnete Flächenausbreitung betrifft in vielen Fällen das Blatt in seiner Gesamtheit, so dass dieses von seiner Basis bis zur Spitze eine einzige ungegliederte Ausbreitung, **Spreite** (**lamina**), vorstellt, so bei fast allen Moosen, den meisten Lycopodinen und Coniferen. In anderen Fällen jedoch wird diese Spreite getragen von einer schmalen, meist halbcylindrischen Strecke des Blattes, dem **Blattstiel** (**petiolus**).

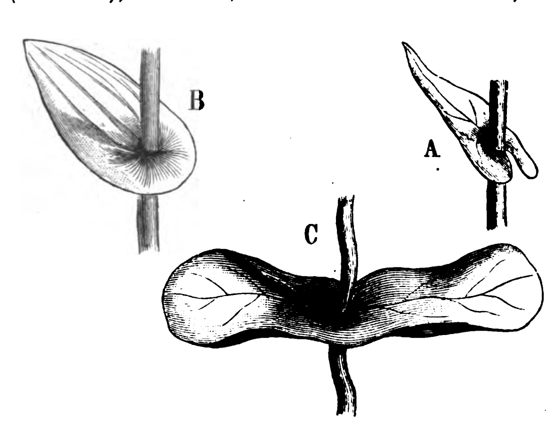


Fig. 17. *A* umfassendes Blatt von Thlaspi perfoliatum; *B* durchwachsenes Blatt von Bupleurum rotundifolium; *C* zusammengewachsene Blätter von Lonicera Caprifolium.

Ein Blatt, dessen Spreite ohne Stiel unmittelbar am Stengel entspringt, heißt **sitzend** (folium sessile); **stengelumfassend** (amplexicaule) oder **halbstengelumfassend** (semiamplexicaule) heißt es, wenn es an der Insertion um den ganzen oder halben Stengelumfang greift (Fig. 17 *A*); **durchwachsen** (perfoliatum) wird es genannt, wenn die Ränder des Blattes an der der Insertion gegenüberliegenden Seite des Stengels mit einander verwachsen sind (Fig. 17 *B*). Tritt eine ähn-

liche Steigerung des Wachsthums an der Basis zweier gegenständiger Blätter ein, so erscheinen diese als zusammengewachsen (connata, Fig. 17 *C*). Auch die Basis einer gestielten Spreite kann sich über den Ansatz des Stieles hinaus entwickeln, so dass dieser scheinbar aus der Unterfläche der Spreite entspringt (Fig. 13) — schildförmiges Blatt (peltatum), z. B. Tropaeolum.

Abgesehen von der Sonderung in Stiel und Spreite kann aber auch der Blattgrund, die dem Stengel zunächst angrenzende Region des Blattes, besondere Ausbildung erfahren. Derselbe erscheint häufig in Form einer röhrenförmigen oder scheidenartigen Ausbreitung, der Scheide (vagina, Fig. 18 *v*), welche an ihrer Insertion den Stengel ganz oder zum größten Teile umfasst. Während sie gewöhnlich oberseits offen ist oder nur durch Übereinandergreifen der freien Ränder röhrenförmig wird, kann sie durch Streckung ihrer den Stengel umfassenden Basis zu einer ringsgeschlossenen Röhre werden (z. B. Cyperaceae). Je nach Ausbildung der vorderen Region des Blattes grenzt die Scheide vorn an den Blattstiel (Fig. 18) oder an die Spreite (z. B. Gräser, Fig. 19 *A*).

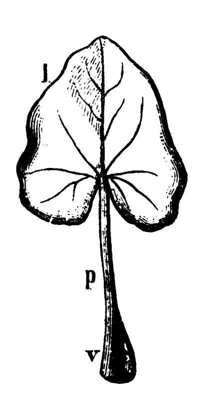


Fig. 18. Blatt von Ranunculus Ficaria. *v* Scheide, *p* Stiel, *l* Spreite (natürliche Größe).

Ein anderes Produkt des Blattgrundes sind die Nebenblätter (stipulae), nämlich ein Paar von Auszweigungen beiderseits der Blattbasis, welche besonders häufig an solchen Blättern auftreten, welche keine eigentliche Scheide besitzen, indessen auch einem scheidenartig verlängerten Blattgrunde als ein paar Spitzen aufsitzen können (z. B. Rosa).

Sie sind öfters an Konsistenz und Farbe der Blattspreite ähnlich, wie bei den Weiden, der Erbse (Fig. 19 *C*),

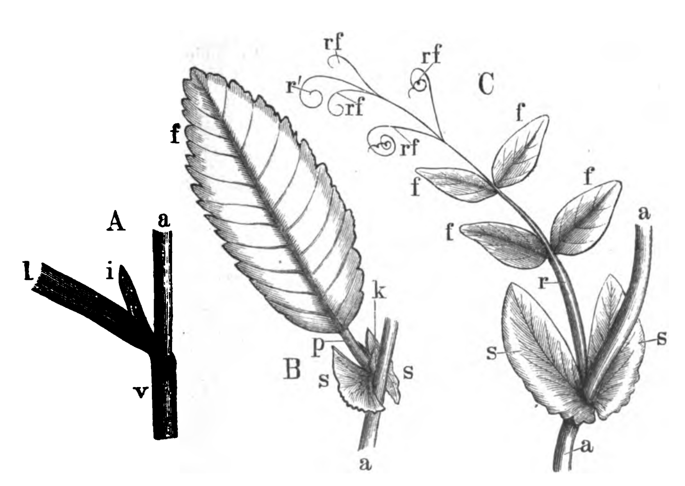


Fig. 19. *A* Stück eines Blattes von Poa trivialis mit Ligula *i*; *a* der Stengel, *v* die zusammengerollte Scheide, *l* die Spreite des Blattes (nat. Gr.). *B* Blatt von Salix Caprea; *a* Zweig, *ss* die Nebenblätter, *p* der Blattstiel, *f* die Spreite, *k* Achselknospe (nat. Gr.). *C* Blatt von Pisum arvense; *a* der Stengel, *ss* die Nebenblätter, *r* die Spindel, *ff* die Blättchen, *rfrf* die oberen in Ranken umgewandelten Blättchen, *r'* das rankenförmige Ende der Spindel (1/3 der nat. Gr.).

vielen einheimischen Rubiaceen, hier oft verzweigt; bei anderen Pflanzen dagegen sind sie bleich oder braun und fallen bald nach der Entfaltung der Blätter ab (z. B. Buche, Ulme, Linde). Ihre ursprüngliche Stellung an beiden Seiten des Blattgrundes wird zuweilen durch nachträgliche Verschiebungen verändert, so dass sie in der Blattachsel, oder dem Blatte gegenüber (z. B. Astragalus) erscheinen. Durch Verwachsung können sie eine Röhre bilden (z. B. Platane, Polygoneen, Fig. 20); auch die benachbarten Stipulae quirlständiger Blätter können mit einander verwachsen (z. B. Hopfen, Außenkelch der Rosaceen).

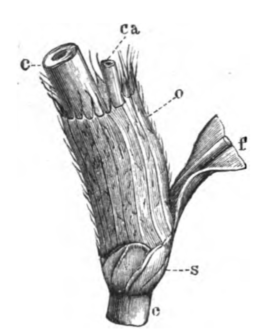


Fig. 20. Ochrea *o* von Polygonum, *f* Blattspreite, *c* Stengel, *ca* Axillarspross. (Nach *Frank*.)

Als Ligula, Blatthäutchen, wird ein Auswuchs bezeichnet, der sich an der oberen Fläche der Blätter, gewöhnlich am Grunde der Spreite bei wenigen Pflanzen findet, z. B. bei den Gräsern (Fig. 19 *A*, *i*), an den Blumenblättern vieler Sileneen.

In der Spreite der meisten Blätter sieht man schon äußerlich strangförmige helle Streifen verlaufen, die sog. Nerven, welche gewöhnlich auf der Unterseite vorspringen und bei der Verwesung längere Zeit widerstehen, als Skelet des Blattes erhalten bleiben. Diese Nerven besitzen einen von der Grundsubstanz des Blattes verschiedenen anatomischen Bau, welcher einstweilen unberücksichtigt bleibt, und stehen durch ihre Richtung und Anordnung im engsten Zusammenhange mit der ganzen Gestaltung der Spreite. Nach ihrem Vorkommen und ihrer Anordnung können wir folgende Typen unterscheiden:

1. Nervenlose Blätter, welche die in Rede stehende Differenzierung überhaupt nicht besitzen, so die Blätter der Algen, fast aller Lebermoose und vieler Laubmoose; hingegen dürfen wir nicht hierher rechnen die fleischigen Blätter vieler Phanerogamen (Aloe, Crassulaceen), bei welchen

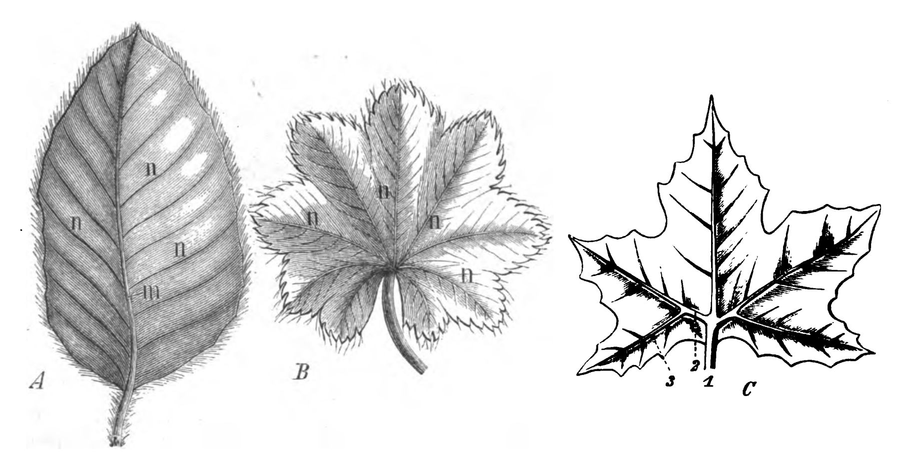


Fig. 21. *A* Fiederförmige Nervatur des Blattes von Fagus silvatica, *m* Mittelnerv, *nn* Seitennerven. *B* handförmige Nervatur des Blattes von Alchemilla vulgaris (nat. Gr.). *C* fußförmige Nervatur des Blattes von Platanus (1/3 nat. Gr.), *1*, *2*, *3* Nervenzweige des ersten, zweiten und dritten Grades.

äußerlich keine Nerven sichtbar sind, im Innern aber doch die entsprechenden Strukturdifferenzen existieren;

2. Einnervige Blätter, welche nur von einem einzigen unverzweigten Nerven der Länge nach durchzogen werden (Blätter vieler Laubmoose, der Lycopodinen, der meisten Coniferen, von Elodea, Erica u. a.);

3. Mehrnervige Blätter, in deren Spreite zahlreiche Nerven entweder schon von der Basis aus eintreten, oder durch Verzweigung eines oder mehrerer in die Spreite eintretender Nerven zu stande kommen. Die Verzweigung der Nerven ist entweder eine dichotomische (Adiantum und andere Farne, Ginkgo), wobei ein Mittelnerv nicht existiert, oder eine monopodiale, letzteres am deutlichsten da, wo nach racemösem Typus vom Mittelnerven beiderseits zahlreiche Seitennerven abgehen (Fig. 21 *A*, auch Fig. 19 *B*, 22), fiederförmige Nervatur (nervi pinnati). Dem cymösen Typus gehört die sog. fußförmige Nervatur (nervi pedati) an, bei welcher das unterste Paar Seitennerven sich nach Art einer Sichel (Fig. 21 *C*) weiter verzweigt; sind dabei die Fußstücke der Nerven auf ein Minimum reduziert, so entsteht die handförmige Nervatur (nervi palmati), bei welcher die Nerven von der Basis des Mittelnerven ausstrahlen (Fig. 21 *B*).



Fig. 22. Blatt einer jungen Farnpflanze mit freier fiederiger Nervatur; *m* der Mittelnerv, *ss* die stärkeren unteren, *n* die schwächeren oberen Seitennerven (3 mal vergrößert).

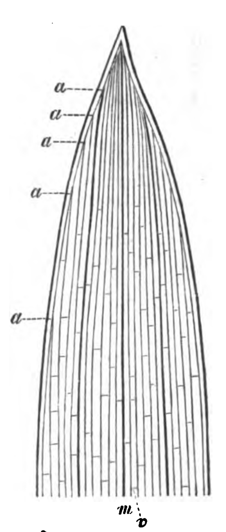


Fig. 23. Spitze eines Grasblattes mit paralleler Nervatur; *m* Mittelnerv, *a* Anastomosen, *v* Äderchen (4 mal vergr.).

Nach dem weiteren Verhalten der Nerven und ihrer Zweige unterscheidet man folgende Formen der Nervatur, welche freilich durch Übergänge verbunden werden:

a) Freie Nervatur, wenn die Nerven oder Nervenäste am Rande des Blattes frei endigen und auch sonst keine Querverbindungen (Anastomosen) eingehen, so z. B. in vielen Farnblättern (Fig. 22), von Coniferen bei Gingko, Araucaria imbricata u. a., ferner bei den meisten Cycadeen, den Wasserranunkeln u. a.

b) Parallele Nervatur; hier laufen zahlreiche dichtgenäherte, unter sich annähernd parallele Nerven gegen die Spitze oder den Rand und legen sich dort bogig von außen nach innen aneinander (Fig. 23); im Längsverlauf sind sie durch kurze schwache, meist rechtwinkelig ansetzende Äderchen (Fig. 23 *v*) verbunden; diese Form der Nervatur kommt den Blättern der meisten Monokotyledonen zu und tritt hier in mehreren, jedoch durch allmähliche Übergänge verbundenen Modifikationen auf. Es treten

nämlich bald die Nerven zahlreich ohne nennenswerte weitere Verzweigung in das Blatt ein (Orchis Morio); bald entspringen sie in sehr spitzem Winkel von einem wenigstens an der Basis stark hervortretenden Mittelnerven und verlaufen gegen die Spitze zu (Mais, Dracaena u. a.), oder sie gehen in fast rechtem Winkel zahlreich vom starken Mittelnerv ab und laufen unter sich parallel gegen den Rand, um sich erst hier gegen die Spitze zu wenden (Canna, Musa u. a.).



Fig. 24. Stück eines Blattes von Salix Caprea, mit netzaderiger Nervatur, *m* Mittelnerv, *n* stärkere Seitennerven (Rippen), *v* anastomosierende Adern (nat. Gr.).

c) Die netzaderige Nervatur kommt dadurch zu stande, dass die Nerven sich in Äste verschiedener Ordnung unter verschiedenen Winkeln verzweigen, und mit einander anastomosieren (Fig. 24), wobei im Inneren der so entstehenden Maschen sowie gegen den Rand zu einzelne freie Nervenendigungen vorkommen können. Es ist dies die vorherrschende Nervatur der Dikotyledonen, welche sich jedoch auch bei einzelnen Monokotyledonen (Paris, Dioscorea, Smilax) und zahlreichen Farnen findet. Es treten hier gewöhnlich einzelne Nerven, die man als Rippen bezeichnen kann, stärker hervor und stehen in augenscheinlicher Beziehung zur Gestalt und Teilung des Blattes, während dies für die zarteren anastomosierenden Adern begreiflicherweise nicht der Fall ist. Die Anordnung dieser Rippen ist dann für die Bezeichnung der Nervatur als fiederförmig, handförmig etc. maßgebend (Fig. 21).

Verzweigung des Blattes findet sich bei nervenlosen, wie bei genervten Blättern; von ersteren seien als Beispiele genannt die Blätter vieler Algen (Caulerpa, Polysiphonia, Chara), ferner die Blätter der meisten Jungermanniaceen, welche schon ihrer Entstehung nach aus zwei Teilen bestehen, bei einigen Formen (Trichocolea) in zahlreiche haarförmige Zweige aufgelöst sind. Bei genervten Blättern hängt die Verzweigung aufs innigste mit der Nervatur zusammen, und ist in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle bilateral, d. h. die Zweige liegen wenigstens ursprünglich alle in der Ebene des Blattes; doch findet sich eine Verzweigung aus der Fläche bei Xanthosoma, den Staubblättern weniger Phanerogamen, an den fertilen Blättern der Ophioglosseen (vgl. dort).

Die Auszweigungen erscheinen im fertigen Zustande entweder als einzelne von einander getrennte Spreiten, Blättchen (foliola) genannt (f' in Fig. 25 *B*, *D*, *E*, *F*), welche selbst wieder mit besonderen Stielchen versehen sein können; ein derartiges Blatt heißt zusammengesetzt (f. compositum); oder aber die Abschnitte sind am Grunde durch eine mehr oder weniger mächtige Ausbreitung verbunden und erscheinen nur als Teile einer einheitlichen Spreite, welche je nach der Tiefe der Einschnitte als gelappt, gespalten oder geteilt (s. S. 14) bezeichnet wird. Dieser Zusammenhang der Auszweigungen kann darauf beruhen, dass die Verzweigung erst in einem späteren Entwickelungsstadium des Blattes erfolgt; er

kommt aber auch in vielen Fällen durch nachträglich gesteigertes Wachstum des centralen Teiles des Blattes zu stande (so z. B. Fig. 13, S. 13).

Die Verzweigung tritt am deutlichsten da hervor, wo die noch ganz junge Blattanlage Auszweigungen erzeugt, welche entweder unverzweigt bleiben oder sich in derselben Weise weiter verzweigen. Hier können wir nach dem oben S. 11 im allgemeinen Gesagten dichotomische, racemöse und cymöse Verzweigung unterscheiden.

Die dichotomische Verzweigung des Blattes ist verhältnismäßig selten (Ginkgo biloba).

Dem racemösen Typus folgen jene Blätter, bei welchen seitliche Auszweigungen in größerer Zahl in akropetaler Entwickelungsfolge entstehen; doch ist ihre Anzahl fast stets eine begrenzte; ein Beispiel der sehr seltenen unbegrenzten Entwickelung bietet Lygodium.

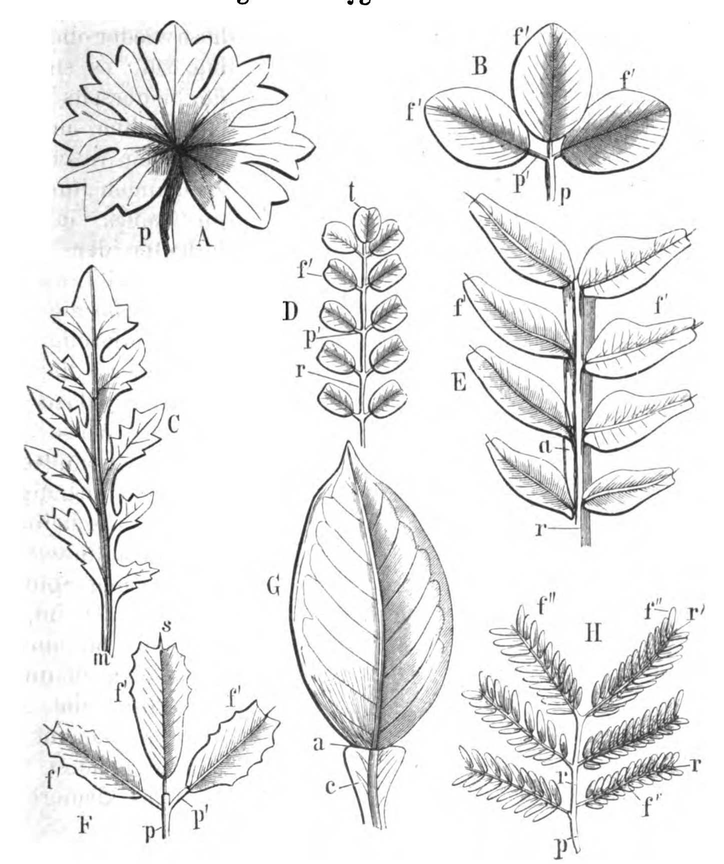


Fig. 25. Verzweigte Blätter; *p* Blattstiel, *p'* Stielchen, *f'* Blättchen, *r* Spindel. *A* handförmig gespaltenes Blatt eines Geranium. *B* dreizähliges Blatt des Wiesenklees. *C* fiederteiliges Blatt des Hirtentäschelkrauts. *D* unpaarig gefiedertes Blatt von Hippocrepis comosa, *t* das Endblättchen. *E* paarig gefiedertes Blatt von Pistacia Lentiscus, *a* Flügel der Spindel. *F* dreizählig gefiedertes Blatt von Medicago. *G* Blatt der Orange; die Gliederung *a* zwischen der Spreite und dem geflügelten Blattstiel *c* deutet nebst anderen Gründen an, dass die Spreite das Endblättchen eines gefiederten Blattes ist, dessen Seitenblättchen fehlen. *H* doppelt (paarig) gefiedertes Blatt einer Akazie, *r'* sekundäre Spindeln, *f''* Blättchen.

Ist die Spreite noch zusammenhängend, so heißt ein solches Blatt fiederlappig (pinnatilobum), fiederspaltig (pinnatifidum) oder fiederteilig (pinnatipartitum); ist sie aber in einzelne Blättchen zerteilt, so heißt das Blatt kurzweg gefiedert (pinnatum); die Blättchen heißen Fiedern (pinnae) und stehen an einer stielartigen Mittelrippe, der Spindel (rhachis). Schließt letztere mit einem Endblättchen ab (Fig. 25 *D, t*), so ist das Blatt unpaarig gefiedert (imparipinnatum); ist kein Endblättchen vorhanden (Fig. 25 *E*), so heißt es paarig gefiedert (paripinnatum); je nach der Anzahl der Blättchen ist das Blatt zwei-, drei-, vierpaarig (bi-, trijugum) u. s. w. Wenn sich die fiederige Verzweigung in höheren Graden wiederholt, so heißt das Blatt zweifach (Fig. 25 *H*) u. s. w. gefiedert (bi-, tripinnatum). Sehr kompliziert gebaute Formen, wie bei Farnen, Doldengewächsen, kommen dadurch zu stande, dass die einzelnen Abschnitte gleicher Ordnung sich ungleich stark entwickeln, insbesondere sich desto schwächer entwickeln und verzweigen, je näher sie der Spitze liegen.

Cymös verzweigte Blätter kommen dadurch zu stande, dass die Abschnitte an ihrem Grunde nach außen hin weitere Abschnitte erzeugen, diese wieder ebenso u. s. w. (Fig. 26); es sind sonach die beiderseits der Mitte nach außen aufeinanderfolgenden Abschnitte Auszweigungen immer höheren Grades. Je nach dem Verhalten der Nerven am Grunde heißt die Verzweigung fußförmig (Fig. 26) oder handförmig. Es kann aber auch die gemeinschaftliche Basis der in cymöser Weise entstandenen Abschnitte nachträglich in die Länge wachsen; es erscheinen dann die Abschnitte wieder seitlich an einer Spindel und das Blatt ist im fertigen Zustande von einem gefiederten nicht zu unterscheiden (Rosa); das sog. unterbrochengefiederte Blatt (z. B. Potentilla anserina) kommt dadurch zu stande, dass bei dieser Streckung noch Abschnitte höherer Ordnung von ihrer Ursprungsstelle hinweggerückt werden und als kleinere Fiedern zwischen den größeren erscheinen.

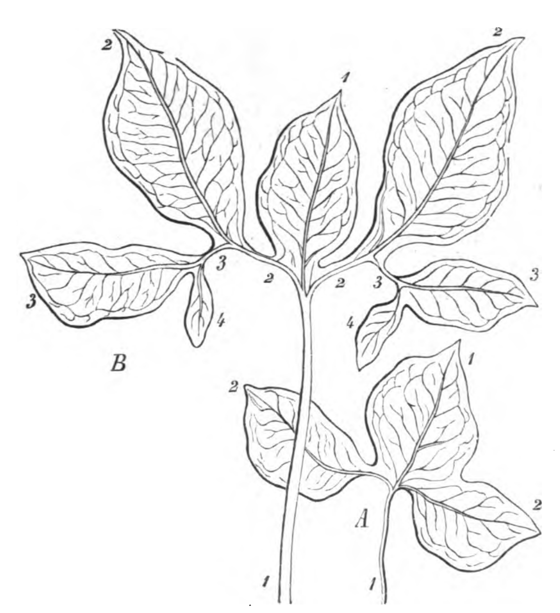


Fig. 26. Amorphophallus bulbosus; fußförmiges Blatt; *A* mit einmaliger, *B* mit dreimaliger Verzweigung nach cymösem Typus. (Nach *Sachs.*)

Abgesehen von den zuletzt erwähnten gefiederten Blättern heißt das cymös verzweigte Blatt bei zusammenhängender Spreite handförmig gelappt (palmatilobum, s. z. B. Fig. 21 *B*) bis geteilt, beziehungsweise fußförmig gelappt (pedatifidum, s. z. B. Fig. 21 *C*) u. s. w. Entspringen getrennte Blättchen radienartig von der Spitze des Stieles, so heißt es gefingert (palmatum), und zwar nach der Anzahl der Blättchen drei-, fünf-zählig (ternatum, quinatum) u. s. w.; wiederholt sich dieselbe Anordnung

in höheren Graden, so wird das Blatt doppeltdreizählig (biternatum) u. s. w. Ebenso giebt es fußförmig fünf- u. s. w. zählige Blätter, z. B. bei manchen Brombeeren.

Das dreizählige Blatt lässt seiner Entstehungsweise nach seine Zugehörigkeit zum racemösen oder cymösen Typus nicht erkennen; ob im konkreten Falle ein einpaarig gefiedertes Blatt oder ein handförmig dreizähliges Blatt vorliegt, ergiebt sich aus dem Vergleich verwandter Pflanzen, bei welchen die Verzweigung reichlicher ist, ferner aus dem gelegentlichen Auftreten zahlreicherer Abschnitte (die z. B. beim roten Wiesenklee bei Vier-, Fünfzahl u. s. w. in handförmiger Anordnung erscheinen), sowie endlich aus der Lage der bei vielen zusammengesetzten Blättern vorhandenen gelenkartigen Einschnürung am Grunde der Blättchen; der Umstand, dass an dem in Fig. 25 *F* dargestellten Blatt diese Artikulation des mittleren Blättchens über der Insertion der beiden seitlichen liegt, zeigt nämlich, dass hier ein einpaarig gefiedertes Blatt vorliegt, in Fig. 25 *B* hingegen ein handförmig dreizähliges.

Im Gegensatze zu der besprochenen Verzweigung der ganz jungen Blattanlage kommt aber auch die Bildung von Auszweigungen in vorgeschritteneren Entwickelungsstadien vor; so entstehen bei den Ulmen, der Hasel u. a. an dem heranwachsenden Blatte seitliche Auszweigungen, die zuletzt als Zähne des Blattrandes erscheinen; so bildet das Blatt vieler Cruciferen, von Valeriana, Scabiosa u. a. an seinem Grunde in basipetaler Folge Auszweigungen, welche das Blatt zu einem fiederlappigen bis fiederteiligen machen. Während die eben erwähnten Zähne des Blattrandes als Auszweigungen des Blattes aufzufassen sind, kann dies für solche Zähne, die erst ganz zuletzt ohne Beziehung zur Nervatur auftreten, nicht der Fall sein; letzterer Art sind z. B. die Zähne bei vielen Moosen (z. B. Mnium serratum), bei Najas, Coniferen.

Die gegenseitige Lage und Gestalt der Blätter in der Knospe bietet ebenfalls charakteristische Eigentümlichkeiten dar:

Je nachdem sie mehr oder weniger in die Breite wachsen, stoßen benachbarte Blätter eines Quirls entweder bloß mit ihren Rändern aneinander (klappige Knospendeckung, aestivatio valvata), oder sie greifen mit ihren Rändern übereinander (deckende Knospend., ae. imbricata). Geschieht das Übereinandergreifen in der Art regelmäßig, dass jedes Blatt eines Quirls mit dem gleichen Rande deckt und mit dem andern Rande bedeckt wird, so liegt gedrehte Knospend., ae. contorta, vor; sie heißt links resp. rechts gedreht, wenn von außen gesehen die linken resp. rechten Ränder decken (Beispiele: Blumenblätter der Contortae).

Mit Rücksicht auf die Gestalt des einzelnen Blattes in der Knospe (vernatio) unterscheidet man die flache Knospenlage (v. plana), die zusammengelegte (v. duplicata), wenn das Blatt an der Mittelrippe nach vorn zusammengelegt ist (z. B. Bohne, Kirschbaum); die gefaltete (v. plicata), wenn das Blatt in zahlreiche longitudinale oder schräge Falten gelegt ist (z. B. Buche); die zerknitterte (v. corrugativa), wenn Falten und Unebenheiten nach allen Richtungen vorkommen (z. B. Blumenblätter des Mohns); die eingerollte (v. involuta), wenn die Seitenränder gegen die Oberseite zu eingerollt sind (z. B. Veilchen); die zurückgerollte (v. revoluta), wenn sie gegen die Unterseite gerollt sind (z. B. Ampfer); die zusammengerollte (v. convoluta), wenn das ganze Blatt in einer Richtung tutenförmig zusammengerollt ist (z. B. Canna), und die schneckenförmig gerollte (v. circinata), wenn das Blatt von der Spitze gegen die Basis zu eingerollt ist (z. B. Farnkräuter).

§ 11. **Die Ausbildungsformen des Blattes.** Je nach der Funktion und in Beziehung zu den äußeren Lebensbedingungen erfahren die Blätter ver-

schiedenartige Ausbildung. Wir unterscheiden folgende Formen, welche indes durch Übergänge verbunden sind. Das nämliche Blatt kann entweder nach einander zu verschiedenen Zeiten, oder gleichzeitig mit verschiedenen Teilen verschiedenen Verrichtungen dienen; es ist mit anderen Worten die Arbeitsteilung nicht immer streng durchgeführt. Die verbreitetste und zugleich ursprünglichste Ausbildungsform, von welcher sich die übrigen ableiten lassen, bilden die

1. Laubblätter. Sie zeichnen sich durch die vorherrschend grüne Farbe aus und sind ihrer Verrichtung im Ernährungsprozess entsprechend auf die Ausbreitung am Sonnenlichte angewiesen. Je größer sie sind, desto geringer ist ihre Anzahl. Sie besitzen fast stets eine entwickelte Spreite von flacher, seltener multilateraler Gestalt und zeigen in deren Gestaltung die im Vorstehenden näher geschilderte Mannigfaltigkeit.

Ihre Konsistenz steht mit ihrer Lebensdauer und der Lebensweise in Zusammenhang; die meisten Blätter, mit krautiger Konsistenz, haben nur einjährige Lebensdauer und sterben im Herbste samt den Stengeln ab oder fallen ab; die derberen Blätter von lederartiger Konsistenz (aber auch manche dünnere, bei Moosen u. a.) überdauern den Winter, um entweder mit Entfaltung der neuen Blätter abzufallen (z. B. Ligustrum) oder mehrere Jahre zu leben (Ilex, Buxus, die meisten unserer Nadelhölzer, deren Nadeln bis 12 Jahre [Weißtanne] leben können). Fleischige Blätter finden sich bei Pflanzen trockener Standorte und Klimate, so Aloe, Sedum, Mesembrianthemum u. a.

Bemerkenswert ist der Umstand, dass bisweilen am gleichen Spross Laubblätter von ungleicher Gestalt vorkommen (Heterophyllie). So sind häufig die ersten Blätter junger Pflanzen von anderer, einfacherer Gestalt (Erstlingsblätter), als die späteren, und verraten größere Ähnlichkeit mit der Gestalt verwandter Arten. Manche Wasserpflanzen (Ranunculus aquatilis, Fig. 27) tragen fein geschlitzte, untergetauchte Blätter und gelappte, an der Oberfläche des Wassers schwimmende Blätter. Eucalyptus Globulus (Fieberbaum) trägt in der Jugend dekussiert stehende, ovale Blätter, welche an vierkantigen Zweigen senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl stehen, in einem gewissen Alter einzeln stehende, sichelförmige Blätter, deren Spreite vertikal fällt.

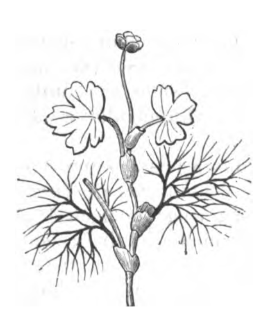


Fig. 27. Ranunculus aquatilis, mit untergetauchten, zerschlitzten Blättern und gelappten Schwimmblättern. (Nach *Frank*.)

Phyllodien heißen die bei manchen Oxalis und australischen Acacia-Arten (Fig. 28) vorkommenden Blattstiele, welche unter Verbreiterung in Richtung der Medianebene die Funktion der Spreite übernehmen, wobei letztere nicht oder nur rudimentär, wohl aber an den Erstlingsblättern zur Entwickelung gelangt.

Auffallende Formen von im allgemeinen hohler Gestalt nehmen diejenigen Laubblätter gewisser Pflanzen an, welche unbeschadet ihrer Laubblattfunktion außerdem zum Fang kleiner Tierchen dienen; so werden die

ganzen Blätter schlauchförmig bei Saracenia, die Spitze des Blattes krugförmig bei Nepenthes und Cephalotus, einzelne Blattabschnitte blasenartig bei Utricularia.

2. Blattranken sind Blätter oder Blattteile, welche ohne Spreitenbildung stielartige Gestalt und die Fähigkeit besitzen, sich um andere Gegenstände spiralig zu rollen. Während bei Arten von Clematis diese Funktion von den Laubblättern selbst durch die entsprechende Fähigkeit der Spindel und der Stielchen ausgeübt wird, finden wir bei Vicia u. a. eine Arbeitsteilung derart, dass die vorderen Blättchen des gefiederten Blattes zu Ranken umgebildet sind (Fig. 19 *C rf*); bei Lathyrus Aphaca ist dies für alle Blättchen der Fall; hier übernehmen die Nebenblätter die Funktion der Laubblätter.



Fig. 28. Acacia Melanoxylon; *a* doppelt gefiedertes Blatt, *b* desgleichen mit blattförmigem Stiel, *c* Phyllodium. (Nach *Frank*.)

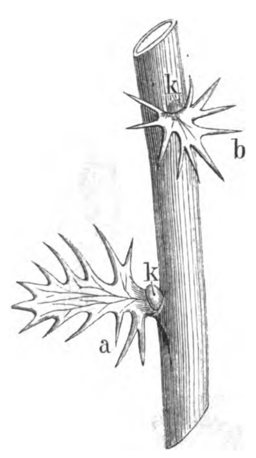


Fig. 29. Blattdornen (*a*, *b*) von Berberis vulgaris an der Basis eines einjährigen Triebes, *k k* Achselknospen (nat. Gr.).

3. Blattdornen sind Blätter oder Blattteile, welche sich in spitze, harte, verholzte Körper, Dornen (spinae), umbilden. Dornige Zähne finden sich schon an echten Laubblättern (z. B. Ilex, Disteln), zu einem bleibenden Dorn wird bei Arten von Caragana und Astragalus die Spindel des gefiederten Blattes nach dem Abfallen der grünen Blättchen; die Nebenblätter werden dornig bei Robinia; endlich ganze Blätter an den Langtrieben von Berberis (Fig. 29).

4. Die Niederblätter sind bleich oder bräunlich, einfach gebaut, schuppenförmig, oft fleischig (Zwiebelschuppen), bisweilen trockenhäutig, meist mit breiter Basis inseriert. Es sind zum Teil Scheidenteile von Blättern, deren Spreiten verkümmern, zum Teil ganze Blätter, welche auf einer frühen Entwicklungsstufe stehen bleiben. Sie finden sich regelmäßig an unterirdischen Stämmen, aber auch an oberirdischen. Manche nicht

grünen Pflanzen (Orobanche, Neottia) tragen überhaupt außer den Blütenteilen nur Schuppenblätter. Ihre weiteste Verbreitung an oberirdischen Stammgebilden besitzen die Niederblätter in der Gestalt der Knospenschuppen unserer Holzgewächse, unter denen sie nur wenigen (Rhamnus Frangula, Cornus sanguinea, Viburnum Lantana) völlig fehlen.

Auch hier lässt sich eine Stufenreihe in der Ausbildung, von vollkommenen Laubblättern ausgehend, in folgender Weise herstellen:

a) die Knospenschuppen sind die Nebenblätter von Blättern mit entwickelter Spreite, also nur Teile von Laubblättern: Alnus, Liriodendron.

b) die Knospenschuppen sind die Scheidenteile oder Nebenblätter von Blättern, deren Spreite verkümmert, ersteres z. B. bei Acer, Alnus, Aesculus, letzteres z. B. bei Quercus, Fagus; an der Grenzregion kommen schwach entwickelte Spreiten vor.

c) die Knospenschuppen sind ganze Blätter, welche auf einer frühen Entwickelungsstufe stehen geblieben sind, z. B. bei Syringa, den Abietineen.

5. Die Hochblätter sind charakterisiert durch ihre Lage in der Grenzregion zwischen den Laubblättern und den Fortpflanzungsorganen oder den diese tragenden Blättern; sie unterscheiden sich von den Laubblättern durch geringere Größe, Zurücktreten der grünen Färbung oder Auftreten anderer Farben. Beispiele hierfür finden wir schon bei manchen Moosen an jenen Blättern, welche die Sexualorgane umgeben, bei Equisetum; sehr verbreitet sind sie in der Blütenregion der Phanerogamen, wo sie nicht bloß als Deck- oder Vorblätter den Blüten vorhergehen (Spelzen der Gräser), sondern es sind streng genommen auch die meisten Blütenhüllblätter (vergl. diese) dieser Kategorie zuzurechnen.

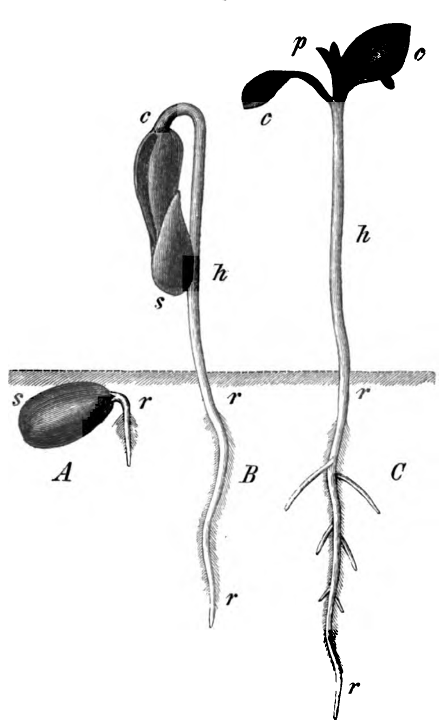


Fig. 30. Keimung von Linum usitatissimum; s Samen, r Würzelchen, h Hypocotyl, c Keimblätter, p Plumula. (Nach *Frank*.)

6. Die Blätter, welche selbst die Fortpflanzungsorgane tragen und im Zusammenhang damit bestimmte Gestalt annehmen. Von den fertilen Blättern der meisten Farne, welche im Übrigen den Laubblättern völlig gleich gestaltet sind, giebt es wiederum alle Übergänge zu den eigenartigen fertilen Blättern gewisser Farne (Osmunda), von Equisetum, den meisten Lycopodien, sämtlichen Phanerogamen (Staub- und Fruchtblätter).

7. Bei der Keimung des Samens entwickelt sich aus der im Samen vorhandenen Anlage der neuen Pflanze (Keimling, Embryo) das Keim-

pflänzchen, an welchem schon die wesentlichsten Organe der Pflanze vorhanden sind; dasselbe trägt in geringer Zahl Blätter (Keimblätter) — bei den Dikotyledonen meist 2, bei den Monokotyledonen 1, bei Gymnospermen oft zahlreiche — zwischen denen oder neben welchen das Knöspchen (Plumula) steht. Das die Keimblätter tragende Stengelchen heißt Hypokotyl oder hypokotyles Stengelglied, welches nach unten in das Würzelchen übergeht (vergl. Fig. 30). Aus dem Knöspchen entwickelt sich der erste Spross der Pflanze.

Die Keimblätter können als Niederblätter aufgefasst werden, besitzen in den meisten Fällen einen einfacheren Bau als die auf sie folgenden Laubblätter (Ausnahme z. B. Tilia, bei welcher die Keimblätter tiefer geteilt sind als die Laubblätter) und werden mit diesen meist durch eine Anzahl Mittelformen verbunden. Ebenso gehen die Laubblätter meist ganz allmählich in die Hochblätter über. Diese Verhältnisse haben an einem Spross oder an einer unverzweigten Achse zur Unterscheidung verschiedener Blattformationen geführt (Formation der Niederblätter, Laubblätter, Hochblätter u. s. w.); indes kommen nicht immer alle Formationen zur Ausbildung, so fehlen bei den Cruciferen z. B. die Hochblätter.

§ 12. **Die Ausbildungsformen der Sprosse.** Bevor wir die charakteristischen mit Funktion und Lebensweise zusammenhängenden einzelnen Sprossformen schildern, müssen mehrere Punkte besprochen werden, die sich auf den Aufbau des Pflanzenkörpers aus Sprossen beziehen.

Die Vergrößerung des Pflanzenkörpers erfolgt nämlich entweder durch unbegrenzte Weiterentwickelung des nämlichen Sprosses mit oder ohne Verzweigung (manche pleurokarpische Moose, die meisten Farne, Nadelhölzer und andere), oder ein Spross stellt seine Weiterentwickelung ein, ist begrenzt, während ein oder mehrere Seitenzweige den Aufbau des Pflanzenkörpers nach cymösem Typus fortsetzen; dieselben können allgemein als Erneuerungssprosse bezeichnet werden. Die Begrenzung der Sprosse ist vielfach durch die Bildung der Fortpflanzungsorgane gegeben (akrokarpische Moose, deren Stämmchen an der Spitze mit Bildung der Fortpflanzungsorgane ihre Entwickelung abschließen, während ein Erneuerungsspross das Wachstum der Pflanze fortsetzt; viele einachsige [s. unten] Pflanzen, deren erste »Achse« [Spross] mit einer Blüte abschließt). Es tritt das Nämliche aber auch an dem Aufbau rein vegetativer Pflanzenkörper ein; die Stämmchen von Hylocomium splendens schließen mit jedem Jahre ihr Längenwachstum ab; in der Nähe ihres Grundes erscheint der Erneuerungsspross; die Keimpflanzen der Linden und Ulmen bilden schon am Ende des ersten Jahres keine Terminalknospe aus, sondern die Fortsetzung geschieht durch die oberste Seitenknospe.

Nur ein kleiner Teil der Phanerogamen schließt schon die aus der Plumula hervorgegangene Achse (Achse erster Ordnung) mit einer Blüte ab; viel häufiger ist es erst die Achse zweiter, dritter, vierter, seltener höherer Ordnung, welche von einer Blüte begrenzt wird. Je nachdem dies eintritt, heißt die Pflanze einachsig (haplocaulisch), zweiachsig, (diplocaulisch), dreiachsig, vierachsig u. s. w. So ist Papaver einachsig, Capsella zweiachsig; hier trägt die Achse erster Ordnung nur Laubblätter; die Blüten begrenzen Achsen zweiter Ordnung. Paris quadrifolia ist

ebenfalls zweiachsig: die Achse erster Ordnung ist ein im Boden horizontal hinkriechendes, mit Niederblättern besetztes Stämmchen; aus der Achsel der Niederblätter entspringen aufrechte Sprosse mit je einem Niederblatt, vier quirligen Laubblättern und einer terminalen Blüte. Dreiachsig ist Veronica Chamaedrys. Dies Verhalten einzelner Sprosse einer Pflanze zu einander heißt Sprossfolge. Dieselbe ist für die Art, bisweilen für ganze natürliche Gruppen, constant, aber für den Habitus ohne Bedeutung.

Eine andere, für den Aufbau des ganzen Pflanzenkörpers wichtige Thatsache ist die Differenzierung in Langtriebe, welche durch ausgiebiges Längenwachstum die Vergrößerung des Pflanzenkörpers herstellen, und Kurztriebe, welche eine nur verhältnismäßig geringe Längenentwickelung erfahren, gewöhnlich viel kürzere Internodien besitzen, sich nicht oder kaum verzweigen, häufig auch von kürzerer Lebensdauer sind. Diese Differenzierung finden wir schon bei manchen Algen (Florideae), sehr deutlich bei Sphagnum und einigen anderen Moosen, bei Larix und Pinus, vielen Angiospermen u. s. w.

Bei der Lärche sind die Kurztriebe die sog. Nadelbüschel, welche in der Achsel vorjähriger Blätter eines Langtriebes stehen, sich jedes Jahr nur ganz wenig verlängern, aber unter Umständen in einen Langtrieb übergehen können. Bei der Kiefer tragen diese Kurztriebe außer einigen Schuppenblättern nur zwei grüne nadelförmige Blätter, entstehen in der Achsel schuppenförmiger Blätter am Langtrieb des gleichen Jahres, und fallen nach dem Ableben ihrer Blätter ab. Bei Laubhölzern finden wir deutliche Kurztriebe bei Berberis, an den Apfel-, Birnbäumen als sog. »Tragholz«, welches allein Blüten und Früchte trägt.

Die Lebensdauer der Sprosse ist sehr verschieden. Es giebt Pflanzen, welche innerhalb einer Vegetationsperiode Blätter, Blüten und Früchte erzeugen (Papaver somniferum) und dann absterben (einjährige, annuelle Pfl., Zeichen dafür ⨀), ferner solche, welche ihre Lebensthätigkeit auf zwei Vegetationsperioden beschränken (zweijährige, bienne Pfl., ⊙). Diese erzeugen bis zum Herbst des ersten Jahres meist eine grundständige Blattrosette und eine kräftige Pfahlwurzel, treiben im zweiten Jahre den blühbaren Stengel und sterben nach der Fruchtreife ab (viele Cruciferen). Die perennierenden Pflanzen treiben alljährlich Erneuerungssprosse, sind Stauden (♃), wenn die perennierenden Organe unterirdisch bleiben oder sich nur wenig über den Boden erheben (Geum), oder Sträucher oder Bäume (♄).

Die ⨀ und ⊙ Gewächse gelangen nur einmal zur Blütenbildung und heißen deshalb hapaxanthisch (auch monokarp), die Stauden und Holzgewächse aber blühen und fruchten periodisch und heißen deshalb polykarpisch, doch giebt es auch Stauden, welche nur einmal blühen, sich also hapaxanthisch verhalten, wie Echium vulgare, Angelica sylvestris u. a.; auch die Palme Corypha ist hapaxanthisch.

Die Ausbildung der Sprosse ist ihrer biologischen Aufgabe gemäß außerordentlich mannigfaltig und zum Teil durch die Ausbildung ihrer Blätter bedingt. Von den verschiedenen Formen seien folgende als die wichtigsten und charakteristischsten angeführt:

1. Die krautigen Stämme, Stengel (caulis) genannt, von kurzer

meist einjähriger Lebensdauer; sie sind bald die einzige vegetative Sprossform des ganzen Pflanzenkörpers (Getreidearten, Tabak, Hanf), bald treten sie als Zweige oder Teile der unten zu besprechenden Rhizome auf.

Ihrer Lage nach können sie unterschieden werden in aufrechte, niederliegende, kriechende, d. h. ihrer Länge nach bewurzelte (Fig. 32 *E*) und windende, d. h. solche, welche sich um aufrechte Stützen aufsteigend emporwinden (Fig. 33 *B*), z. B. Bohne, Hopfen, Convolvulus.

2. Die Stämme (trunci) der Bäume und Sträucher dauern oberirdisch aus. Sie sind bei den Baumfarnen, Cycadeen und vielen Palmen nicht oder wenig, bei unseren Nadel- und Laubbäumen reich verzweigt; bei letzteren werden die Blätter an einer vorgebildeten Stelle losgelöst. Die meisten sind aufrecht, doch giebt es auch liegende, kriechende und schlingende Stämme.

An den innerhalb einer Vegetationsperiode entfalteten Sprossen der Bäume, den Jahrestrieben, sind die untersten Internodien, besonders die zwischen den Knospenschuppen befindlichen, sehr kurz, so dass sich die Grenze zweier aufeinanderfolgender Jahrestriebe auch an älteren Zweigen noch leicht an den dichtgenäherten Narben der Knospenschuppen erkennen lässt. Die Endknospe und die Seitenknospen des einzelnen Jahrestriebes bleiben gewöhnlich von dessen Entfaltung an bis zum Beginn der nächsten Vegetationsperiode im Knospenzustande, so dass sich alsdann das Alter eines Verzweigungssystems aus den Graden der Verzweigung ergiebt; bei manchen Bäumen (z. B. Eiche) kommt indes regelmäßig im Hochsommer ein zweiter vorher im Knospenzustand befindlicher Jahrestrieb (Johannistrieb) zur Entfaltung. Von den Seitenknospen entwickeln sich in der Regel nur die vordersten des Jahrestriebes im folgenden Jahre zu Zweigen (sehr deutlich z. B. die Quirläste der Nadelhölzer); entfalten sich auch weiter rückwärts befindliche Seitenknospen, so nimmt ihre Längenentwickelung mit der Entfernung von der Spitze ab (z. B. Ulme). Während viele Bäume (z. B. Nadelhölzer, Eiche) stets die Endknospe der Jahrestriebe entfalten, tritt bei anderen (stets bei Linde, Ulme) eine cymöse Erneuerung durch die oberste Seitenknospe ein.

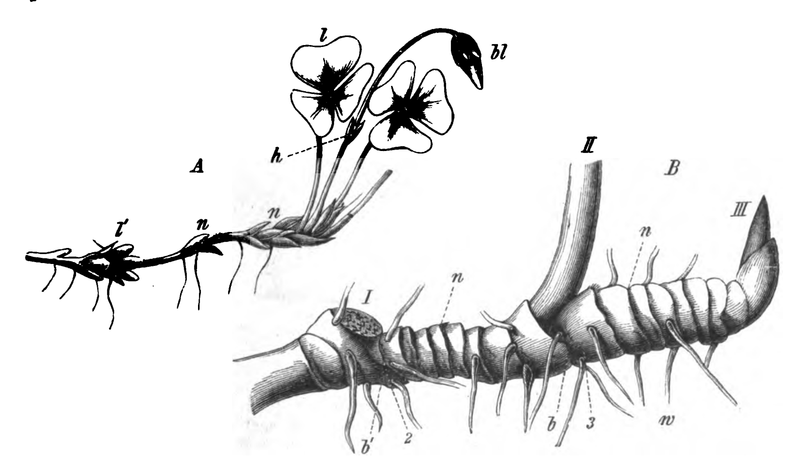


Fig. 31. *A* Unbegrenztes Rhizom von Oxalis Acetosella; *n* Nieder-, *l* Laubblätter, *l'* Reste älterer Laubblätter; *bl* Blüte: *h* Hochblätter. *B* Begrenztes Rhizom von Polygonatum officinale; *I* Narbe des vorjährigen Stengels; *II* diesjähriger Stengel, oberer Teil des Sprosses *2*; *III* Knospe des nächstjährigen Stengels, Fortsetzung des Sprosses *3*; *n* Niederblätter, *b* und *b'* Blätter, aus deren Achseln die Erneuerungssprosse *2* und *3* entspringen; *w* Wurzeln.

3. **Rhizom** (**Wurzelstock**) nennt man die unterirdisch oder (soweit sie nicht krautig oder holzig sind) dicht über der Bodenoberfläche ausdauernden Sprosse der Stauden. Dieselben sind teils unbegrenzt, teils begrenzt. Erstere wachsen stets an ihrer Spitze weiter und tragen entweder nur Laubblätter (einheimische Farne) oder in periodischem Wechsel Laub- und Niederblätter (Fig. 31 *A*, *l*, *n*), aus deren Achseln Stengel entspringen, oder nur Niederblätter, und in deren Achseln Stengel mit Laubblättern und Blüten (Paris). Die Mehrzahl ist jedoch begrenzt, indem die Spitze eines jeden Jahrestriebes sich in den oberirdischen Stengel fortsetzt, während aus einer Blattachsel an dessen Grunde ein oder mehrere Erneuerungssprosse entspringen. Bleiben die älteren Teile des Rhizoms längere Zeit erhalten, so bilden diese ein Sympodium (Fig. 31 *B*); sterben dieselben aber rasch

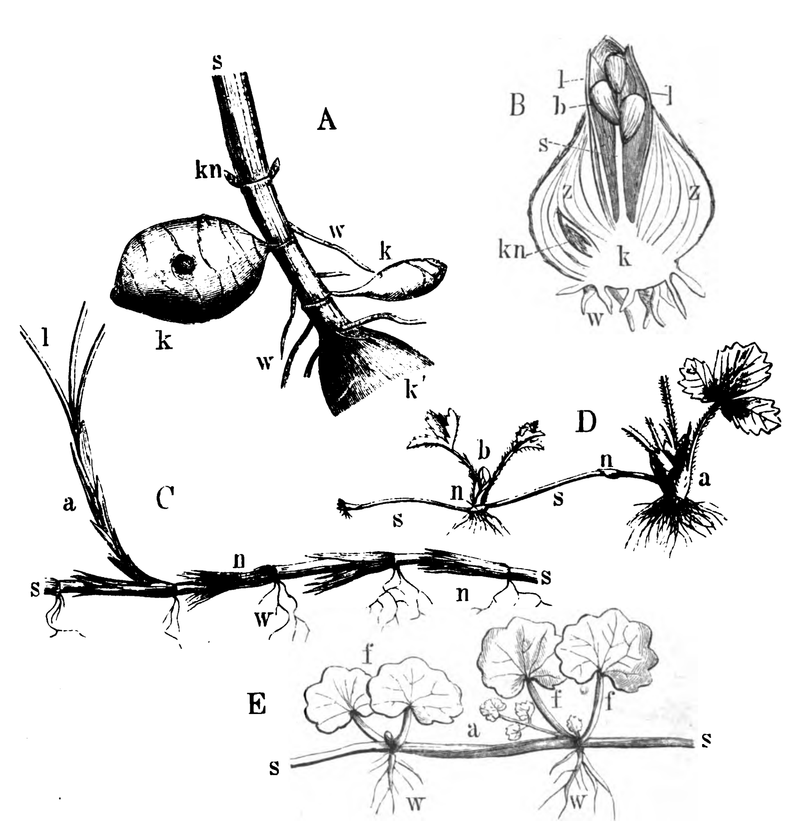


Fig. 32. *A* Knollen von Helianthus tuberosus (1/3 nat. Gr.), *s* unterer Theil des Stengels, entsprungen aus der vorjährigen Knolle *k'*; aus den oberen Blattachseln entspringen die Knospen *kn*, aus den unteren die Knollen *k* mit sehr kleinen Schuppenblättern und Seitenknospen. — *B* Zwiebel von Hyacinthus orientalis (etwas verkl.); *k* der Stammteil, *z* die Schuppenblätter (Zwiebelschalen), *s* der sich später streckende oberirdische Stengel (Blütenschaft) mit Blütenknospen *b*; *l* Laubblätter, *w* Wurzeln, *kn* Erneuerungsspross. — *C* gestrecktes Rhizom von Carex arenaria (1/3); *n* Schuppenblätter des Rhizoms *s*; *a* aufrechter Spross mit Schuppen- und Laubblättern (*l*). — *D* Ausläufer der Erdbeere (verkl.), entspringend an der Pflanze *a*, mit Niederblättern *n*. — *E* kriechender Stengel von Nepeta Glechoma (etwas verkleinert), *ff* die Blätter, welche dekussiert stehen; die Internodien sind gedreht; *a* Achselspross, *w* Wurzeln.

ab, so erscheint jeder Jahrestrieb wie ein einzelnes Individuum (Ranunculus acer, Neottia). Durch eine größere Anzahl gleichzeitiger kurzer Erneuerungssprosse wird die Rasenbildung vieler Gräser und Cyperaceae hervorgebracht. Die Erneuerungssprosse bewurzeln sich in den meisten der genannten Fälle selbständig; sie können aber auch mit der ursprünglichen Pfahlwurzel in Zusammenhang bleiben (Anemone Pulsatilla).

An die Rhizome schließen sich als besondere Formen:

a) Knollen (tubera), fleischig angeschwollene Teile von Rhizomen mit nur kleinen schuppenförmigen Blättern; sie sind zum Teil die ruhenden Spitzen von Erneuerungssprossen (Kartoffel, Helianthus tuberosus, Fig. 32 *A*), zum Teil Anschwellungen am Grunde älterer Sprosse, welche die Nahrung für den Erneuerungsspross aufspeichern (Colchicum).

b) Die Zwiebel (bulbus) besteht aus einem flachen kuchenförmigen Stammteile (Fig. 32 *Bk*) mit zahlreichen dichtgestellten eng zusammenschließenden Blättern (*z*); der Stamm verlängert sich später zum Stengel, während ein oder mehrere ebenfalls zwiebelförmige Erneuerungssprosse (*kn*) sich bilden (Allium, Tulipa).

c) Ausläufer (stolones) nennt man verlängerte Seitenzweige, welche in einiger Entfernung von der Mutterpflanze sich bewurzeln und durch Absterben des zwischenliegenden Stückes neue Individuen bilden; sie sind teils ober- (Fig. 32 *D*), teils unterirdisch, tragen bald Niederblätter, bald (z. B. Hieracium Pilosella) Laubblätter; der Mehrzahl nach sind es langgestreckte Erneuerungssprosse; sie kommen jedoch auch an unbegrenzten Rhizomen vor (Struthiopteris).

4. Brutknospen sind Knospen von fast zwiebelartiger Beschaffenheit, welche nach ihrer Loslösung von der Mutterpflanze sich bewurzeln und zu neuen Individuen werden, z. B. bei der Feuerlilie und Dentaria bulbifera in den Blattachseln, in den Blütenständen von Allium-Arten. Bei einigen Gräsern z. B. Poa bulbosa, bilden sich zuweilen solche Brutknospen an Stelle der Blüten aus und gelangen durch Abwelken der Stengel auf den Erdboden (vivipare Pflanzen).

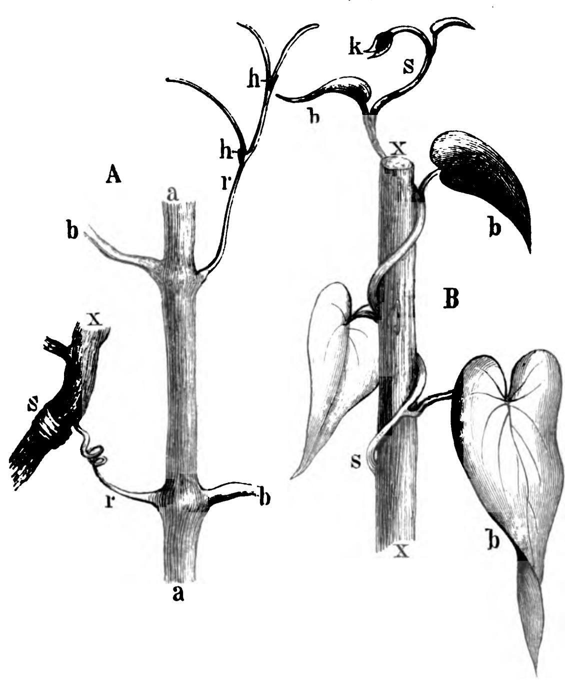


Fig. 33. *A* Stück des Stammes der Weinrebe (1/3 nat. Gr.) mit zwei Ranken *rr*, die obere trägt kleinere Blätter *h* und verzweigt sich; die untere hat eine Stütze *x* erfasst und sich spiralig aufgerollt; *b* Blattstiele; die Ranken sind hier Zweige, welche den Blättern gegenüber zu stehen scheinen. *B* Windender Stengel von Ipomoea, *s*, mit den Blättern *b* und der Knospe *k*; *xx* die Stütze.

5. Ranken (cirrhi) sind Zweige mit kleinen schuppenförmigen Blättern, welche sich ebenso wie die analog umgebildeten Blätter

(S. 27) um dünne fremde Körper spiralig rollen (Fig. 33 *A*), z. B. Vitis, Passiflora.

6. **Dornen** (spinae) sind spitze, harte Körper, analog den Blattdornen (S. 27), aber durch die an ihnen entspringenden Blätter als umgebildete Sprosse gekennzeichnet (Fig. 34). Sie nehmen bald das Ende von Zweigen ein, die vorher Laubblätter erzeugt haben (Rhamnus cathartica), bald sind es Kurztriebe, die schon von Anfang an lediglich Dornen sind (Fig. 34), sich auch aus der Achsel schuppenförmiger Blätter wieder dornig verzweigen können (Gleditschia).

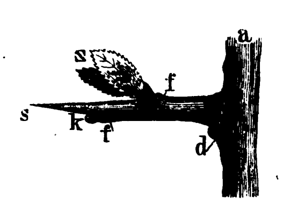


Fig. 34. Zweigdorn von Prunus spinosa. *a* Ast, *d* Blattnarbe, aus deren Achsel der in die Dornspitze *s* endigende Zweig entspringt; an diesem die Blattnarben *f* und *f*, in deren Achseln der Zweig *z* und die Knospe *k*.

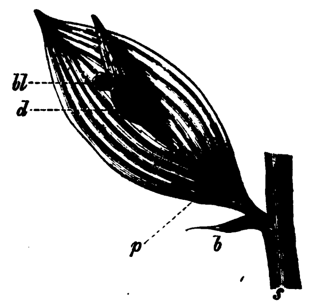


Fig. 35. Phyllocladium von Ruscus Hypoglossum (fast natürl. Größe); *s* Stengel, *b* Tragblatt des Phyllocladiums; *d* Blatt des letzteren mit Blüten (*bl*) in der Achsel.

7. **Stämme mit unterdrückter Blattbildung** übernehmen die Funktion der Laubblätter durch ihre reichlichere Grünfärbung und größere Oberflächenentwickelung; letzterer Charakter fehlt noch den auffallend kleinblättrigen Sprossen von Equisetum, Ephedra, kommt aber schon den Cacteen zu, deren Stämme säulenartig, kugelförmig bis bandartig flach gestaltet sind; ähnliches findet sich bei manchen Euphorbien, Stapelia; auch bei den Papilionatae schließen sich an kleinblättrige Cytisus die bandartig flachen Stengel der Genista sagittalis. Ähnliche blattartige Sprosse, welche als Kurztriebe an gestreckten Stengeln stehen, werden **Phyllocladien** oder **Cladodien** genannt (Fig. 35 *p*). Sie sehen durch dorsiventrale Gestalt und Nervatur den Laubblättern sehr ähnlich, entspringen aber aus Blattachseln und tragen selbst Blätter (Fig. 35 *d*); am bekanntesten sind die Phyllocladien von Ruscus, Phyllocladus, Mühlenbeckia und Phyllanthus.

8. Die **reducierten Sprosse** der Parasiten, an denen die Blattbildung meist eine sehr rudimentäre ist, werden später ihre Besprechung finden.

9. Als **Blüten** werden Sprosse bezeichnet, welche an ihren Blättern die Fortpflanzungsorgane tragen und hiermit ihre Entwicklung abschließen. Die Blüte ist also ein zum Zweck der geschlechtlichen Fortpflanzung metamorphosierter, einfacher, d. h. unverzweigter, Spross oder das obere Ende eines solchen. In diesem Sinne finden sich Blüten bei den Lycopodiaceae, Equisetaceae und sämtlichen Phanerogamen.

§ 13. **Wurzeln** sind nicht, wie im gewöhnlichen Leben, alle unterirdischen Pflanzenteile, sondern, wie bereits S. 15 angegeben, nur jene Glieder, welche endogen entstehen, keine Blätter erzeugen und an ihrem Scheitel von einem eigentümlichen Gewebe, der Wurzelhaube (Fig. 36 *h*), umgeben sind. Die äußersten Schichten der Wurzelhaube werden abgestoßen, während vom Scheitel her fortwährend neue zugeführt werden. — Die Wurzeln kommen nur bei Gefäßpflanzen vor, unter denen nur sehr wenige ihrer entbehren (Salvinia, Wolffia arrhiza). Haupt- oder Pfahlwurzel heißt bei den Phanerogamen die Wurzel, welche am jungen Keimpflänzchen am hinteren Ende von dessen Stämmchen gebildet wird: sie bleibt bei den Monokotyledonen (z. B. Gräsern) klein; nur bei den Dikotyledonen und Nadelhölzern erreicht sie eine im Verhältnis zur übrigen Pflanze stehende mächtige Entwickelung. Alle übrigen Wurzeln, die Seiten- oder Nebenwurzeln, entstehen seitlich aus dem Stamme oder aus Wurzeln, aus der Hauptwurzel oder aus anderen Nebenwurzeln, zuweilen auch aus Blättern. Sie entstehen immer aus einer inneren Gewebeschicht und durchbrechen das äußere Gewebe. Aus anatomischen Gründen sind die Seitenwurzeln in Längsreihen an der Mutterwurzel angeordnet; später treten jedoch zuweilen zwischen diesen noch zahlreiche Wurzeln an beliebigen Stellen auf.

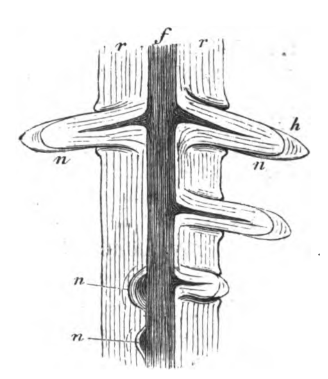


Fig. 36. Seitenwurzeln (*n*), aus der Hauptwurzel von Vicia Faba entspringend (Längsschnitt, 5 mal vergr.); *r* Rinde der Hauptwurzel; *h* Wurzelhaube der Seitenwurzeln.

Die ursprüngliche Form der Wurzeln ist die fadenförmig cylindrische; nur solche Wurzeln, welche ein nachträgliches Dickenwachstum erfahren und dabei saftig werden, erhalten Spindelform (Rüben) oder knollige Anschwellungen (Dahlia). Physiologisch ausgezeichnete Formen sind die Luftwurzeln vieler tropischer Pflanzen (Orchideen, Araceen), welche den auf hohen Bäumen u. dgl. lebenden Gewächsen zur Befestigung und Wasseraufnahme dienen, und die Saugwurzeln mancher Schmarotzerpflanzen, (Cuscuta), welche in das Gewebe der Nährpflanzen eindringen und, ihrer Funktion entsprechend, der Wurzelhaube entbehren.

Eigentümliche Metamorphosen der Wurzeln sind 1) die Dornen der Palme Acanthorrhiza, 2) die Umbildung der Wurzeln zu grünen Assimilationsorganen, welche fast den ganzen Vegetationskörper der Pflanze bilden, bei der Orchidee Aëranthus, sowie bei einigen Podostemaceen.

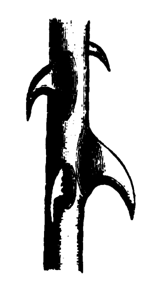


Fig. 37. Stacheln am Stengel der Rose (nat. Gr.).

§ 14. **Haargebilde** oder **Trichome** sind dadurch charakterisiert, dass sie aus der Oberhaut oder doch den äußersten Schichten eines Gliedes hervorgehen, im Vergleiche mit den Zweigen und Blättern eine ganz untergeordnete Rolle im Aufbau des Pflanzenkörpers spielen und allermeist keine regelmäßige Anordnung besitzen. Sie erscheinen teils in der Form von Haaren, teils als Stacheln (aculei) (Fig. 37), z. B. an Brombeersträuchern, Rosen;

diese sind nicht Umwandlungen bestimmter Glieder (Stengel oder Blätter), wie die oben erwähnten Dornen (spinae), sondern Anhangsgebilde, welche in gleicher Weise am Stamm wie an den Blättern auftreten können.

Die Haare (pili) sind teils einfach, teils gegliedert (articulati), sternförmig (stellati), Borsten (setae), Drüsenhaare (glandulosi) u. s. w. Je nach der Art und Dichte der Behaarung heißt ein Pflanzenteil flaumig (pubescens), z. B. die Blütenschäfte der Schlüsselblume, zerstreut haarig (pilosus), z. B. die Blätter der Sonnenrose, rauhhaarig (hirsutus), z. B. Myosotis silvatica, steifhaarig (hirsutus, setosus), z. B. Echium, zottig (villosus), z. B. Anemone Pulsatilla, wollig (lanatus, lanuginosus), z. B. Stachys germanica, filzig (tomentosus), z. B. Blätter von Petasites niveus und spurius, seidenhaarig (sericeus), z. B. Blätter von Salix alba. Fehlt die Behaarung ganz, so heißt der Pflanzenteil kahl (glaber).

§ 15. Der **Thallus**, welcher den niedriger organisierten Pflanzen, aber auch einigen höheren (Lemna) zukommt, stellt die einfachste Form des Sprosses vor, an welchem die seitlichen Bildungen nicht so scharf ausgeprägt sind, dass wir sie als Blätter bezeichnen können. Wurzeln können (Lemna) vom Thallus entspringen; bei den niederen Pflanzen wird deren Funktion häufig (Lebermoose) von Haaren übernommen, welche dann Rhizoiden genannt werden, oder von bestimmten Auszweigungen des Thallus selbst. Dieses letztere Verhalten führt schließlich hinüber zu jenen einfach gebauten Pflanzenkörpern, wo eine Verschiedenheit der Auszweigungen des Thallus überhaupt nicht mehr vorhanden ist.

Zweiter Abschnitt.

Die innere Struktur (Anatomie).

§ 16. Die im vorigen Teile geschilderten Glieder des Pflanzenkörpers stimmen in ihrem inneren Bau darin überein, dass sie sämtlich aus Zellen bestehen oder aus solchen Gebilden, welche durch Veränderung von Zellen entstanden sind. Es giebt Organismen, welche nur aus einer Zelle bestehen (Fig. 39), die meisten Pflanzen aber bauen sich aus sehr zahlreichen Zellen auf. Die Form und Ausbildung, sowie die Verbindung der einzelnen Zellen zu Geweben ist aber sehr verschieden, so dass es nötig ist, zuerst die einzelne Zelle für sich zu betrachten und erst in einem zweiten Kapitel die Gewebe.

Erstes Kapitel.

Zellenlehre.

§ 17. **Begriff und Bau der Zelle.** An der hinreichend entwickelten lebenden Zelle (Fig. 38 *C*, *D*) unterscheiden wir, von außen nach innen aufeinanderfolgend, drei Hauptbestandteile:

1. eine feste, elastische, allseitig geschlossene Haut, die Zellhaut (Zellwand, Membran, Fig. 38 *C*, *D*, *h*), welche aus einem ihr eigentümlichen Stoffe, der Cellulose, besteht;

2. eine dieser innen anliegende, ebenfalls allseitig geschlossene Schicht aus weicher Substanz, welche immer eiweißartige Stoffe enthält, das Protoplasma (Fig. 38 *C* und *D*, *p*); diesem eingebettet findet sich der Zellkern (Fig. 38 *C* und *D*, *k*);

3. eine wässerige Flüssigkeit, welche den vom Protoplasmakörper umschlossenen Hohlraum ausfüllt, den Zellsaft (Fig. 38 *C*, *s*).

Dieselben Zellen, an welchen wir diese drei Teile unterscheiden lernten, haben aber im jüngeren Zustande (Fig. 38 *A*) ein anderes Aussehen; hier erfüllt das Protoplasma die ganze Zelle; der Zellsaft stellt sich erst im Laufe der Entwickelung ein (Fig. 38 *B*), anfangs in Form von kleinen Tropfen, welche Vakuolen genannt werden (Fig. 38 *B*, *s*). Diese wachsen, während die ganze Zelle an Umfang zunimmt, allmählich an und fließen miteinander zusammen, indem die sie trennenden Protoplasmabänder in die wandständige Schicht zurückfließen.

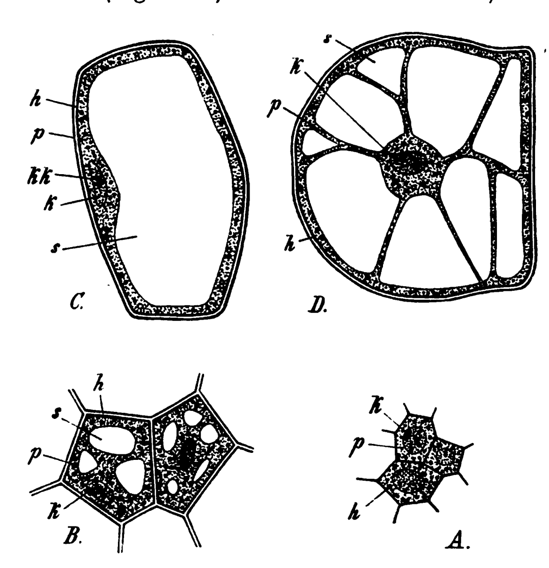


Fig. 38. Zellen, *C* und *D* isoliert aus dem Fruchtfleische von Symphoricarpus racemosa, im Durchschnitt gesehen, *C* mit wandständigem, *D* mit aufgehängtem Zellkern (100 mal vergr.). *A* aus einem sehr jungen, *B* aus einem etwas älteren Fruchtknoten der gleichen Pflanze (300 mal vergr.); *h* Zellhaut; *p* Protoplasma; *k* Zellkern; *kk* Kernkörperchen; *s* Zellsaft.

Hiermit haben dann die hier betrachteten Zellen, welche als Beispiel für die in vielen saftigen Pflanzenteilen (als Früchten, Rinden u. s. w.) vorkommenden gelten können, ihren definitiven Zustand erreicht, in welchem sie bis zum Tode des betreffenden Organs verbleiben. Andere Zellen, wie z. B. die des Holzes, des Korkes, durchlaufen denselben Zustand, verändern sich aber noch weiter, indem Zellsaft und Protoplasma schwinden und sich zuletzt nur Luft oder Wasser innerhalb der Membran vorfindet. Während nun aber die ersteren, mit Protoplasma ausgestatteten Zellen befähigt sind, diosmotische und chemische Prozesse zu unterhalten, unter besonderen Umständen neue Zellen zu erzeugen, d. h. kurz zusammengefasst, zu leben, sind die fertigen protoplasmaleeren Holzzellen dieser Funktionen nicht mehr fähig; sie nützen nur noch durch die Festigkeit und andere physikalische Eigenschaften der Membran. Der Protoplasmakörper ist daher als der lebendige Leib der Zelle zu betrachten. Ja, es giebt

Zellen, welche in der ersten Zeit nach ihrer Entstehung nur nackte hautlose Protoplasmakörper sind, und gerade sie erscheinen bei der wichtigsten Lebensäußerung des Organismus, bei der Fortpflanzung. Solche Zellen werden als Primordialzellen oder nackte Zellen bezeichnet, s. z. B. Fig. 60 *B*. Sie umgeben sich später mit einer Membran, welche aus dem Protoplasmakörper ausgeschieden wird. Hier zeigt sich am deutlichsten, dass sowohl die Membran, als der Zellsaft Produkte der Thätigkeit des Protoplasmas sind. Man kann daher die Zelle als einen lebendigen Protoplasmakörper, der sich gewöhnlich mit einer festen Haut umgiebt und Saft in sich aufnimmt, bezeichnen.

§ 18. **Gestalt der Zelle.** So verschiedenartig die innere Ausbildung der Zellen ist, ebenso mannigfaltig ist auch ihre Größe und Gestalt. Während einzelne Zellen so klein sind (etwa 0,001 mm im Durchmesser), dass man selbst mit Hülfe der stärksten Vergrößerungen kaum mehr als ihre Umrisse erkennen kann, erreichen andere eine bedeutende Größe (etwa 0,1 bis 0,5 mm), so dass sie selbst mit bloßem Auge unterscheidbar sind (z. B. im Mark von Dahlia, Impatiens, Sambucus); manche wachsen zu einer Länge von mehreren Centimetern an (z. B. die Haare an den Samen der Baumwolle); einzelne endlich, nämlich bei einigen Algen, wo das ganze Individuum von einer einzigen Zelle gebildet wird, nehmen noch größere Dimensionen an (Fig. 39).

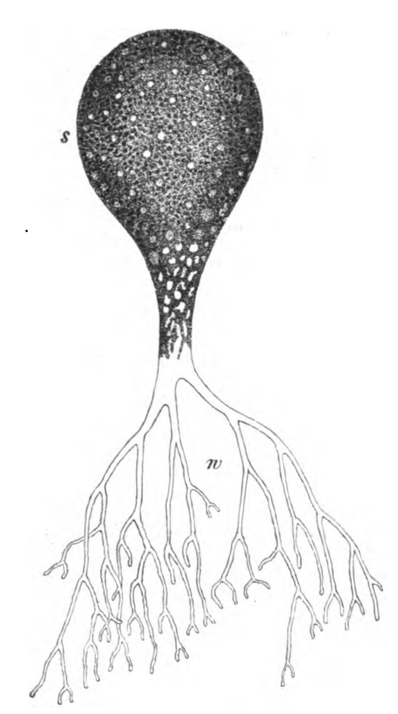


Fig. 39. Botrydium granulatum (etwa 30 mal vergr.); Beispiel eines einzelligen, aber reich differenzierten Organismus. (Nach *Rostafinski*.)

Die Gestalt solcher Zellen, welche das ganze Pflanzenindividuum vorstellen, ist oft ziemlich regelmäßig rundlich, eiförmig und schlauchförmig; sie kann aber auch die reichste Gliederung erfahren, indem verschiedene Ausstülpungen einer Zelle ganz verschiedene Formen annehmen (Fig. 39). Bei den hochorganisierten Gewächsen bestehen die verschiedenen Organe aus sehr verschiedenen Zellen, und selbst in demselben Organ findet man dicht nebeneinander verschieden geformte und mit verschiedenem Inhalte versehene Zellen, weil eben innerhalb eines Organs noch verschiedene Lebensverrichtungen nötig sind. Die Zellen sind hier bald kugelig, oder polyedrisch mit ziemlich gleichen oder wenig verschiedenen Durchmessern (Fig. 38 *C*), bald stark in die Länge gezogen, und dabei oft sehr schmal (z. B. im Holz, die Bastfasern, viele Haare).

Diese Verschiedenheit der Zellform hat zur Unterscheidung zweier Haupttypen geführt, welche freilich in vielen Fällen sich nicht scharf durchführen lässt. Man nennt Zellen, welche, meist von rundlich-polyedrischer Gestalt, nach allen Richtungen denselben Durchmesser besitzen, parenchymatisch; prosenchymatisch dagegen, wenn der Längsdurchmesser bedeutend überwiegt. Prosenchymatische Zellen besitzen eine spindelförmige Gestalt und eine meist veränderte, stark verdickte Membran.

§ 19. **Das Protoplasma** besteht hauptsächlich aus Eiweißstoffen, Wasser und geringen Mengen von Aschenbestandteilen; da es alle Lebensäußerungen und Ernährungsvorgänge der Zelle vermittelt, enthält es natürlich zeitweise in seinem Innern alle übrigen chemischen Bestandteile des Pflanzenkörpers. Wir unterscheiden zunächst von den bestimmt geformten Teilen desselben, dem Zellkern (§ 20) und den Chromatophoren (§ 21), die Grundsubstanz, das Zellplasma. Dieses erscheint bald homogen, durchsichtig, bald aber auch mehr oder weniger mit Körnchen, Fetttröpfchen oder Stärkekörnchen erfüllt, und seiner Konsistenz nach als zähe Masse, manchmal steif, selbst fast flüssig, ist aber niemals eine wahre Flüssigkeit. Wo das Protoplasma Körnchen enthält, zeigt es eine äußere körnchenfreie, oft außerordentlich dünne Schicht, die Hautschicht (Hyaloplasma). In seinem Innern sammelt sich ein Teil des Wassers, von dem es durchtränkt ist, als Vakuolen an (Fig. 38 *B*, *s*); diese fließen häufig zusammen zu einem den größten Teil der Zellhöhlung einnehmenden Saftraum (Fig. 38 *C*, *s*), so dass das Protoplasma nur einen der Wand anliegenden Sack, den Primordialschlauch bildet; es können aber von diesem wandständigen Protoplasma auch anastomosierende Fäden ausgehen, die sich in einer, den Zellkern umschließenden, gleichsam aufgehängten Protoplasmamasse vereinigen (Fig. 38 *D*). Durch Wasser entziehende Reagentien (Alkohol u. s. w.) tritt der Primordialschlauch deutlich von der Wandung zurück.

Bei Zusatz von Kalilauge wird das Protoplasma gelöst, die betreffende Zelle daher durchsichtig, bei Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure färbt es sich rosenrot, zerfließt aber bald unter raschem Verschwinden der Färbung. Während das lebende Protoplasma im Allgemeinen in Wasser gelöste Farbstoffe weder aufnimmt, noch durch sich hindurchgehen lässt, hindert das tote Protoplasma die Diffusion derselben nicht, und lagert sie selbst in größerer Menge in sich ein. Es färbt sich daher in totem Zustande bei Zusatz von Farbstoffen mehr oder weniger intensiv, bei Zusatz von Jodlösung z. B. gelb bis braun.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen gehören die sichtbaren Bewegungen des Protoplasmas. In vielen Zellen sieht man entweder in den oben erwähnten Fäden Strömchen vom Zellkern aus oder nach dem Zellkern hin, oft in beiden Richtungen, verlaufen (Circulation), oder der ganze Protoplasmasack ist in einer die Zelle umlaufenden Bewegung begriffen (Rotation, Nitella, Vallisneria); nackte Primordialzellen, namentlich die Schwärmsporen und Spermatozoiden, schwimmen lebhaft im Wasser, in welchem sie leben, umher und drehen sich dabei fortwährend um ihre eigene Achse; die

sog. Plasmodien der Schleimpilze zeigen eine amöboide Bewegung, d. h. die nackte Protoplasmamasse von lappigem Umriss verändert fortwährend ihre Form, indem neue Lappen aus der Masse hervortreten, andere eingezogen werden, und bewegt sich dadurch auch langsam fort; gleichzeitig findet im Innern eine lebhafte Strömung der Körnchen statt.

Das Protoplasma besitzt natürlich eine feinere Struktur, doch sind die Ansichten darüber, wie man sich letztere vorzustellen habe, noch im hohen Grade geteilt.

§ 20. Der **Zellkern** (nucleus) ist stets dem Zellplasma eingelagert und besteht auch aus ähnlicher, aber doch deutlich verschiedener Substanz; er enthält in der Regel in seinem Innern ein oder mehrere kleinere Körnchen, die Kernkörperchen (nucleoli) (Fig. 38 *C*, *kk*); er besitzt aber außerdem eine besonders bei den Teilungsvorgängen deutlich hervortretende feinere Struktur, indem innerhalb einer dem Zellplasma ähnlichen Grundmasse, Kernplasma, ein Gerüst von fädigen Strängen verläuft, welche einen besonderen Stoff (Nuklein) enthalten und die zur Nachweisung von Zellkernen verwendeten Farbstoffe (Hämatoxylin, Carmin, Fuchsin-Methylgrün u. a.) aufspeichern. Die meisten Pflanzenzellen enthalten nur je einen Zellkern, und die Teilungsvorgänge des Kerns bilden dann die Einleitung zur Teilung der ganzen Zelle; in einigen, z. B. den großen Zellen mancher Algen (Vaucheria) und Pilze (besonders Phycomyceten), sowie in manchen Milchröhren und Bastfasern, kommen zahlreiche Kerne vor, welche sich selbständig vermehren. Eine Neubildung von Zellkernen aus dem Protoplasma findet nicht statt, und es sind somit sämtliche Zellkerne einer Pflanze durch Teilung der anfangs vorhandenen entstanden.

Verhältnismäßig selten findet eine direkte Kernteilung statt, indem der vorhandene Kern sich in die Länge streckt, in der Mitte einschnürt und an dem verdünnten Mittelstück zerreißt (ältere Parenchymzellen, Bastzellen, Milchröhren, Characeen); gewöhnlicher ist die indirekte Kernteilung oder Karyokinese, bei welcher sich tiefgreifende Umlagerungen des nukleinhaltigen Gerüstes abspielen, wodurch charakteristische Kernteilungsfiguren erzeugt werden. Es sammeln sich zunächst in der Ebene, in welcher nachher die Zellteilung sich vollzieht, die einzelnen Fragmente des Kernfadens an, spalten sich in 2 Hälften, die nach entgegengesetzten Seiten auseinander weichen, und es erfolgt dann die Verteilung der Fadenstücke nach den beiden Polen des Kerns unter Bildung einer spindelförmigen Gestalt durch feine Protoplasmafäden. An den Polen entsteht schließlich je ein Tochterkern; die verbindenden Fäden verschwinden oder bilden durch Verdickung in der Mitte zuletzt die neue Cellulosehaut (vergl. Fig. 40). Auch Verschmelzung der Zellkerne tritt ein, namentlich bei der Vereinigung der Sexualzellen.

§ 21. Als **Chromatophoren** fasst man bestimmt geformte Teile des Protoplasmas zusammen, welche wenigstens zeitweise mit bestimmten Farbstoffen durchtränkt sind. Gleich den Zellkernen entstehen sie niemals

frei aus dem Protoplasma, sondern vermehren sich durch Teilung (Fig. 42, *b*, *b'*, *b''*); sie fehlen nur vielen Pilzen, sowie den meisten Schizophyten, deren Protoplasma, wenn überhaupt, gleichmäßig mit Farbstoff durchtränkt ist. Sie werden unterschieden in Chloroplasten, Chromoplasten und Leukoplasten.

1. Die Chloroplasten sind die Träger des im Pflanzenreich so weit verbreiteten grünen Farbstoffes. Ihre häufigste, bei den höheren Pflanzen aus-

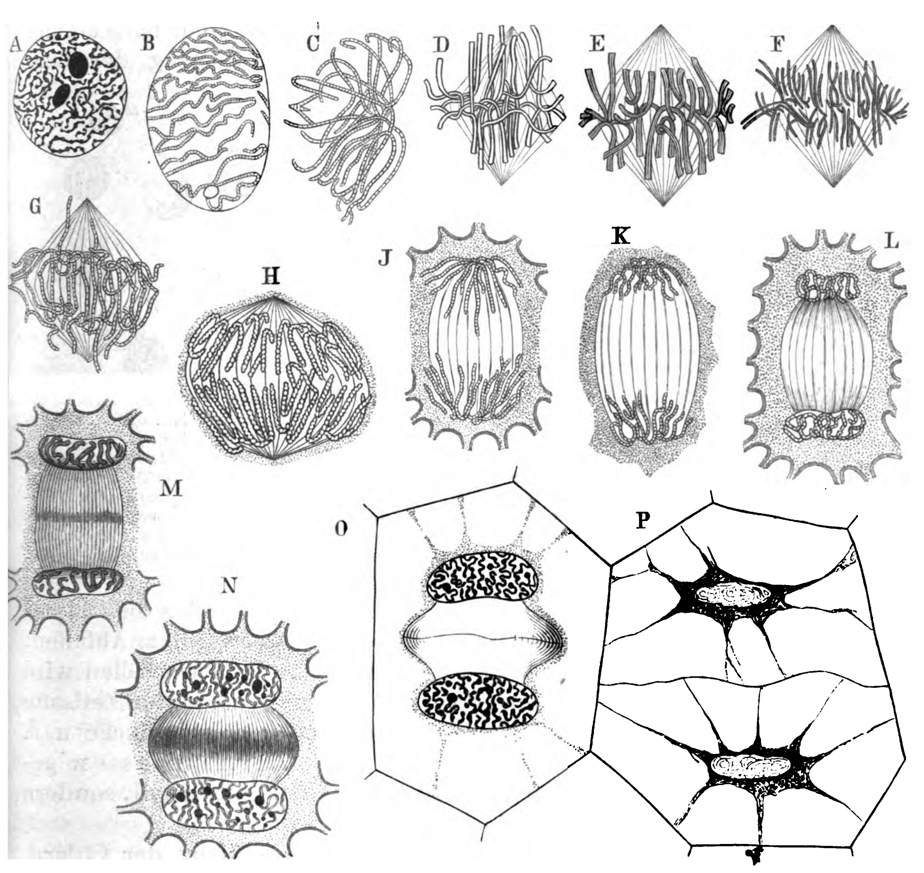


Fig. 40. Veränderungen des Zellkerns bei der indirekten Teilung. (Nach *Strasburger*.)

schließliche Form ist die der Chlorophyllkörner (Fig. 41). Dieselben bestehen aus einer an sich farblosen protoplasmatischen Grundsubstanz und einer in derselben verteilten kleinen Quantität grünen Farbstoffes, des Chlorophylls; wird dieses durch Lösungsmittel (z. B. Alkohol) ausgezogen, so bleibt das farblose Korn in Größe und Form unverändert zurück. Die Körner sind stets dem Protoplasma und zwar vorzugsweise der wandständigen Schicht eingebettet und besitzen meist eine flach scheibenförmige Gestalt. Nicht immer jedoch haben die Chloroplasten die Gestalt von

Körnern; bei den Algen kommen die mannigfaltigsten Formen, als Kugelschalen, Sterne, Spiralbänder, Platten u. a. vor; auch kommt bei vielen Algen, sowie bei Anthoceros unter den Lebermoosen, jeder Zelle nur je ein Chloroplast zu. Unter dem Einfluss des Sonnenlichtes bilden sich in ihrem Innern Einschlüsse von Stärkekörnern, welche oft so stark anwachsen, dass die Substanz des Chlorophyllkornes nur noch als ungemein zarter Überzug der Einschlüsse erkennbar ist (Fig. 42). Im weiteren Verlaufe werden die Chlorophyllkörner wieder zerstört, so in den Zellen der Blätter vor dem Abfallen; es bleiben dann nur kleine gelbe Körnchen zurück. In vielen Fällen wird die grüne Farbe der Pflanzenteile verdeckt durch andere im Zellsafte gelöste Farbstoffe, so an den Blättern von Amarantus, der Blutbuche u. a.

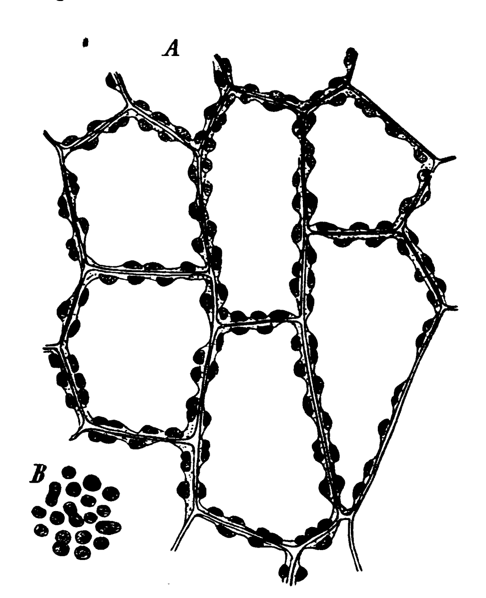


Fig. 41. Chlorophyllkörper im Protoplasma der Zellen eines Farnprothalliums. *A* im optischen Durchschnitt der Zellen; *B* Stück einer Zelle von der Fläche gesehen; einzelne Körner sind in Teilung begriffen (400 mal vergr.).

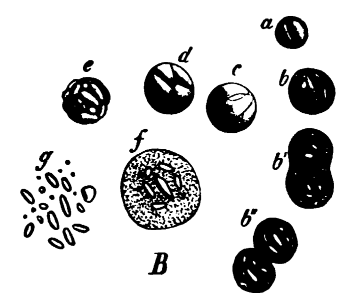


Fig. 42. Einzelne Chlorophyllkörner mit Stärkeeinschlüssen aus dem Blatte von Funaria hygrometrica (550). *a* ein junges, *b* älter, *b'* und *b''* in Teilung begriffen; *c*, *d*, *e* alte Körner, deren Stärkeeinschlüsse fast den ganzen Raum einnehmen; *f* und *g* nach Einwirkung von Reagentien, wobei die Substanz des Korns zerstört wird und nur die Stärkeeinschlüsse unversehrt bleiben (nach *Sachs*).

Ihnen schließen sich die Rhodoplasten und Phäoplasten gewisser Algengruppen an, deren Farbstoff nicht reines Chlorophyll, sondern mit andern Farbstoffen vermengt ist.

2. Die Chromoplasten entstehen durch Umwandlung der Chloroplasten, wobei sowohl die Gestalt sich ändert, als auch andere Farbstoffe auftreten; sie finden sich vorzugsweise in den Zellen der Blüten und Früchte mit gelber Farbe, z. B. beim Löwenzahn, mit roter in den Früchten von Lycopersicum. Auch die Färbung der gelben Rübe (Daucus Carota) ist durch Chromoplasten bedingt, welche aber direkt aus Leukoplasten hervorgehen.

3. Die Leukoplasten sind farblos, finden sich in jungen Geweben, wo sie die Jugendzustände der Chloroplasten vorstellen, aber auch in älteren Zellen, wo sie als »Stärkebildner« auftreten; seltener erscheinen sie als Umwandlungsprodukte von Chloroplasten.

§ 22. **Proteinkörner.** In fettreichen Samen findet man den Zellinhalt in der Weise gruppiert, dass in einer aus Protoplasma und Fett bestehenden Grundmasse kugelige Körnchen von verschiedener Größe, die Protein- oder Aleuronkörner, eingebettet sind. Diese Körner, bisweilen in Wasser z. T. löslich, bestehen aus eiweißartiger Substanz und enthalten fast immer Einschlüsse, teils die unten erwähnten Krystalloide, teils eigentümliche runde Körperchen, die Globoide (Fig. 43 *C*), welche aus einer Verbindung einer Phosphorsäure mit Kalk und Magnesia bestehen, teils (selten) Kalk-

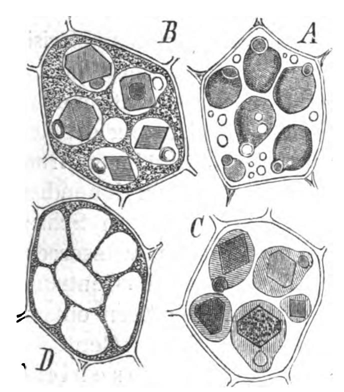


Fig. 43. Krystalloide als Einschlüsse der Aleuronkörner in den Endospermzellen von Ricinus communis (800 mal vergr.); bei *B* und *C* durch Behandlung mit verdünntem Glycerin sichtbar gemacht. *A* in dickem Glycerin; *D* durch Behandlung mit Schwefelsäure ist nur die Grundsubstanz zurückgeblieben. Bei *A*, *B* und *C* ist auch das Globoid sichtbar (nach *Sachs*).

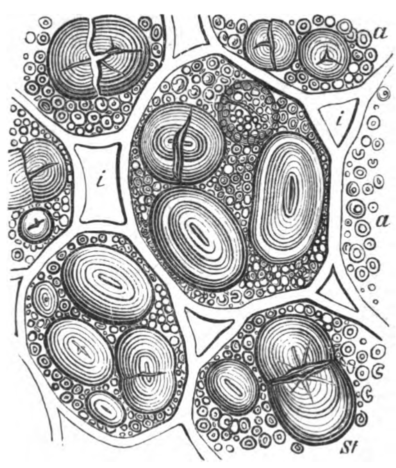


Fig. 44. Proteinkörner (*a*) in den Zellen des Keimes von Pisum sativum; die großen Körner (*St*) sind Stärkekörner (nach *Sachs*).

oxalat. Diese Einschlüsse kommen je nach den Pflanzenarten einzeln oder zugleich vor. In stärkereichen Samen sind die Zwischenräume zwischen den großen Stärkekörnern von sehr kleinen Körnern ausgefüllt (Fig. 44), in stärkefreien Samen erreichen die Aleuronkörner eine bedeutende Größe (Fig. 43).

Bisweilen nimmt ein Teil der eiweißartigen Substanz krystallähnliche Formen an (Krystalloide); es bilden sich Körper, welche von ebenen Flächen begrenzt sind, und gewissen Krystallen (Würfeln, Oktaedern, Tetraedern, Rhomboedern) täuschend ähnlich sehen (Fig. 43); sie unterscheiden sich aber wesentlich dadurch von echten Krystallen, dass sie quellbar sind, d. h. unter Einfluss gewisser Lösungen ihr Volumen bedeutend vermehren. Solche Krystalloide finden sich z. B. in manchen Kartoffelsorten, in fettreichen Samen, in roten Meeresalgen u. s. w.

§ 23. **Die Stärkekörner** sind kleine, meist runde, ovale oder linsenförmige Körnchen, welche aus Stärkesubstanz (Kohlehydrat), Wasser und kleinen Mengen von unverbrennlichen Stoffen bestehen und sich in gewissen Zellen fast aller Pflanzen vorfinden; sie fehlen sämtlichen Pilzen, manchen Algen und wenigen anderen Pflanzen; sehr reich daran sind z. B. die Kartoffelknollen, die Samen der Getreidearten und Hülsenfrüchte; aus

diesen Pflanzenteilen werden sie durch Auswaschen gewonnen und stellen dann für das bloße Auge ein weißes Mehl dar, welches als Stärke (Amylum) bekannt ist. Mikrochemisch wird die Stärke durch die bei den geringsten Mengen freier Jodlösung eintretende Blaufärbung nachgewiesen. Bei Zusatz von Kalilauge oder heißem Wasser quillt das Stärkekorn unter Annahme unförmiger Gestalten zu Kleister.

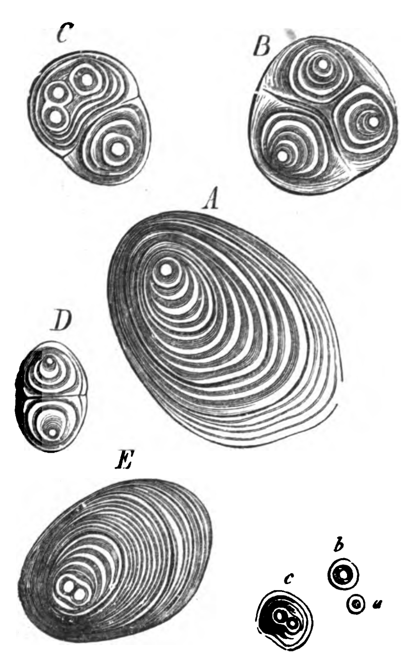


Fig. 45. Stärkekörner aus einer Kartoffelknolle (800). *A* ein älteres einfaches Korn; *B* ein halb zusammengesetztes Korn; *C*, *D* zusammengesetzte Körner; *E* ein älteres Korn, dessen Kern sich geteilt hat; *a* ein sehr junges Korn, *b* ein älteres, *c* noch älter mit geteiltem Kern (nach *Sachs*).

Die Stärkekörner besitzen eine innere Organisation, welche sich bei ihrem Verhalten gegen das polarisierte Licht, sowie in einer deutlichen (bisweilen erst durch Reagentien deutlich zu machenden) Schichtung des Kornes ausspricht. Dieselbe hat ihren Grund in dem Wechsel von wasserreichen (hellen) und wasserarmen (dunkeln) Schichten um einen stets sehr wasserreichen Kern, der das organische Centrum des Kornes darstellt. Der Kern entspricht bald dem mathematischen Centrum des Kornes (centrisch geschichtet), bald fällt er nicht mit jenem zusammen (excentrisch geschichtet). Excentrisch geschichtet sind z. B. die Stärkekörner der Kartoffel (Fig. 45 *A*). Als zusammengesetzte Stärkekörner bezeichnet man solche, bei denen eine Anzahl polyedrischer Körner (Teilkörner) zusammen ein abgerundetes Ganze bilden (Fig. 45 *C*, *D*), während halbzusammengesetzt die Körner heißen, bei denen mehrere Kerne vorhanden sind, und jeder sich mit einer Anzahl von Schichten umgiebt, auf welche nach außen dem ganzen Korn gemeinsame Schichten folgen (Fig. 45 *B*). Die Form und der Bau des Stärkekornes ist für jede Pflanzenart im großen Ganzen durchaus konstant.

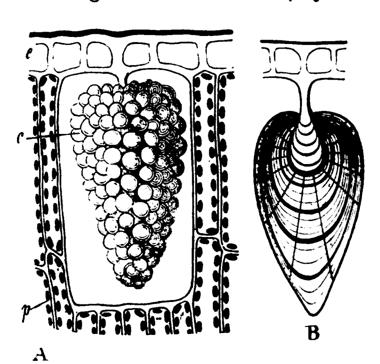
Die Stärke bildet sich in den Chloroplasten bei der Assimilation (vergl. diese) im Licht in Gestalt keiner Körnchen (Assimilationsstärke), wird von hier, indem sie in ein lösliches Kohlehydrat übergeführt wird, nach den Orten des Verbrauchs (wachsende Pflanzenteile) transportiert und der zeitweilige Überschuss gefällt als transitorische Stärke, um früher oder später zum Aufbau der Pflanze verbraucht zu werden. Daher finden wir in den Zellen wachsender Stengel, Wurzeln oder Blätter vorübergehend Stärke, wogegen sie in den entwickelten Organen fehlt. Der von der Pflanze erzeugte Überschuss an Stärke, welcher in derselben Vegetationsperiode nicht mehr verbraucht werden kann, wird in den Samen oder in Reservestoff-

behältern (Kartoffelknollen u. s. w.) gespeichert (Reservestärke), um in der nächsten Vegetationsperiode verbraucht zu werden. Die Reservestärke unterscheidet sich von der Assimilationsstärke durch die Größe ihrer Körner.

Bei der Überführung der gelösten Kohlehydrate in Stärke spielen die Leukoplasten (§ 21) insofern eine Rolle, als sie an ihrem Rande oder in ihrem Innern Stärkekörner ablagern. Das Wachstum des Stärkekorns erfolgt durch Intussusception*).

Manche Algen enthalten in ihren Zellen körnige Bildungen, welche mit der Stärke nahe verwandt sind, so die Florideen (Florideenstärke, braunrote Jodreaktion) und Euglenen (Paramylon, bleibt bei Zusatz von Jodlösung farblos).

§ 24. **Krystalle** finden sich sehr häufig in Pflanzenzellen; nur wenige bestehen aus kohlensaurem Kalk, so die krystallinischen Körnchen im Protoplasma der Myxomyceten, und die krystallinischen Einlagerungen der Zellwand bei vielen Urticales, Acanthaceae, Cucurbitaceae, welche meist besondere, keulenförmig ins Innere der Zelle vorspringende Wandverdickungen einnehmen (Cystolithen, Fig. 46). Allermeist bestehen die



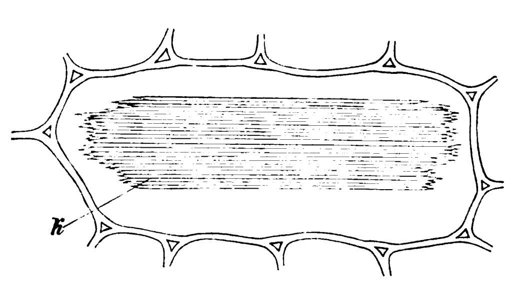


Fig. 46. Cystolith im Blattgewebe von Celtis Tala (200); *A* unverändert; *e* Epidermis der Oberseite, *p* Palissadenparenchym; *c* der Cystolith; *B* derselbe nach Behandlung mit Salzsäure, wobei der kohlensaure Kalk gelöst wurde und die zapfenförmige Wandverdickung erhalten blieb.

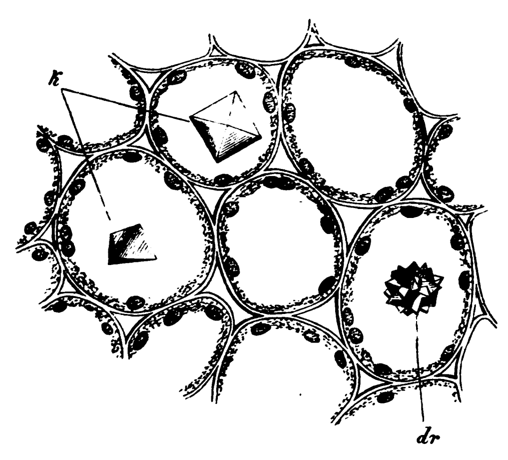
Fig. 47. Raphiden (*k*) im Krystallschlauch aus den Zwiebelschalen von Urginea maritima (200).

Krystalle aus oxalsaurem Kalk, welcher je nach seinem Gehalt an Krystallwasser in zwei Systemen krystallisiert, dem quadratischen und klinorhombischen. Außer einzelnen gut ausgebildeten Krystallen (Einzelkrystalle, Fig. 48 *k*) sind auch Drusen (Fig. 48 *dr*) sehr verbreitet. Bündel nadelförmiger Krystalle, welche besonders bei Monokotyledonen vorkommen, heißen Raphiden (Fig. 47). Endlich findet sich das Kalkoxalat auch in der

*) Diese Art des Wachstums durch Zwischenlagerung der kleinsten Teilchen ist wesentlich verschieden von der Apposition, d. h. der Auflagerung neuer Teilchen auf die Oberfläche des wachsenden Gebildes, z. B. eines Krystalles. Dieselbe steht im engsten Zusammenhange damit, dass in der Zellhaut, sowie den Stärkekörnern und anderen organisierten Gebilden, die festen Teilchen allseitig von Wasser umgeben gedacht werden müssen.



Form kleiner Körnchen, welche die ganze Zelle ausfüllen (Krystallsand, z. B. bei Solanaceae). Diese Krystalle finden sich sowohl im Protoplasma, aus welchem sie später in den Zellsaft gelangen (Fig. 48), als in der Membran, besonders bei Nadelhölzern (Fig. 49), sowie auch bei den Flechten auf der freien Außenseite der Zellwände.



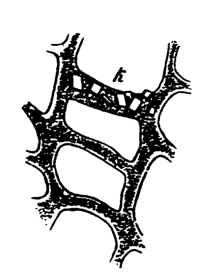


Fig. 49. Krystalle von oxalsaurem Kalk in der Wand der Bastfasern von Cephalotaxus Fortunei (600) (nach *Solms*).

Fig. 48. Krystalle von oxalsaurem Kalk in den Zellen des Blattstiels einer Begonia (200 mal), *k* einzelne Krystalle, *dr* Druse.

Durch die Unlöslichkeit in heißem Wasser, verdünnter Kalilauge und Essigsäure lässt sich das Kalkoxalat leicht erkennen; die leichte Löslichkeit in Salzsäure (ohne Aufbrausen) unterscheidet es von Gipskrystallen, welche bei manchen Desmidiaceen beobachtet wurden. — Ausscheidung von Schwefel in Gestalt kleiner, stark lichtbrechender Körner im Innern der Zellen ist bei Beggiatoa nachgewiesen worden, wenn dieselben in Substraten leben, welche reich an organischen Substanzen sind.

§ 25. **Der Zellsaft** durchtränkt die Membran, das Protoplasma, überhaupt alle organischen Gebilde der Zelle und sammelt sich außerdem im Innern des Protoplasmas zu Vakuolen oder auch zu einem großen Saftraum an; er stellt eine wässerige Lösung verschiedener Stoffe dar; Salze fehlen darin niemals; in gewissen Zellen mancher Pflanzen (z. B. des Zuckerrohrs, des Ahorns, der Runkelrübe) enthält er sehr viel Rohrzucker, welcher daraus gewonnen wird; in den Zellen vieler Früchte wie der Weintraube u. a. enthält er viel Traubenzucker. Außerdem finden sich darin Gerbstoffe, in manchen Pflanzen Inulin, Säuren, wie Äpfelsäure in den Äpfeln und anderen Früchten, Citronensäure in den Citronen, ferner die Farbstoffe der meisten roten und blauen Blüten (Erythrophyll und Anthocyan), vieler Früchte sowie der rotgefärbten Blätter der Blutbuche u. a. und viele andere Stoffe.

Inulin ist ein Reservestoff, der nie mit Stärke zusammen auftritt und aus dem Zellsaft durch wasserentziehende Mittel in Form von Sphärokrystallen (Fig. 50) niedergeschlagen wird; es ist schwer löslich in kaltem, leicht in heißem Wasser, ver-

dünnten Säuren und Alkalien, durch Farbstoffe und Jod nicht färbbar. Inulin findet sich bei Compositen, Campanulaceen, auch bei Jonidium.

§ 26. **Die Zellhaut** besteht aus Cellulose, Wasser und unorganischen Bestandteilen. Sie entsteht und wächst durch Ausscheidung dieser Stoffe aus dem Protoplasma. Ihr Wachstum findet statt in Richtung der Fläche und andererseits senkrecht darauf in Richtung der Dicke, und zwar in der Weise, dass zwischen die schon vorhandenen kleinsten Teilchen der Membran neue Substanz eingelagert wird, also durch Intussusception.

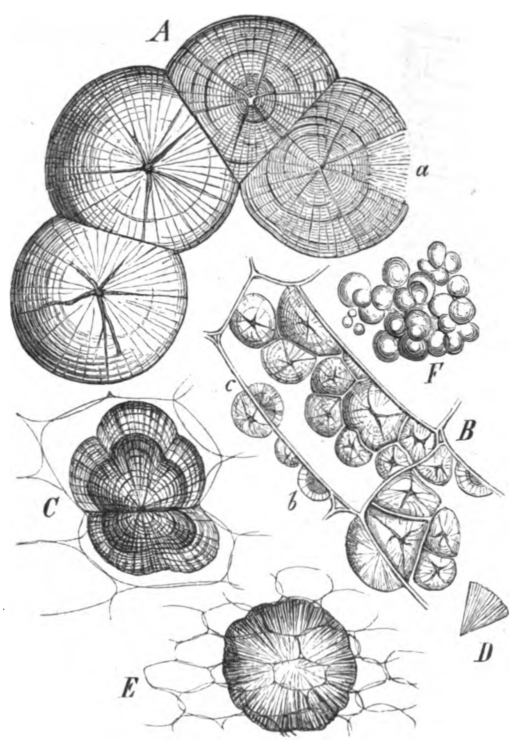


Fig. 50. Sphärokrystalle von Inulin in den Zellen der Knollen von Dahlia variabilis (*A*, *B*) und Helianthus tuberosus (*C*—*F*), nach längerem Liegen in Alkohol. (Nach *Sachs*.)

Durch das Flächenwachstum wird die Oberfläche der Zellhaut und folglich der Umfang der ganzen Zelle vergrößert, so dass sich häufig das Volumen der Zelle auf das Hundertfache und darüber steigert. In den Fällen, wo das Flächenwachstum an allen Punkten gleich groß ist, behält die Zelle dabei ihre ursprüngliche Gestalt; gewöhnlich jedoch wächst die Haut an einzelnen bestimmten Partien stärker, und so kann z. B. eine anfangs kugelige Zelle würfelförmig, tafelförmig, cylindrisch, schlauch- bis faserförmig u. s. w. werden.

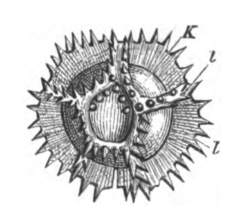


Fig. 51. Eine Zelle des Blütenstaubes von Cichorium Intybus 500mal vergr. Die fast kugelige Oberfläche (*K*) ist mit netzartig verbundenen stacheligen Leisten (*l*) besetzt (nach *Sachs*).

Ebenso ist das Dickenwachstum der Zellhaut selten gleichmäßig; gewöhnlich nimmt sie an einzelnen Stellen an Dicke mehr zu als an anderen und erhält so Unebenheiten ihrer Fläche. An freiliegenden Zellen oder freien Wänden springen die so entstehenden Erhabenheiten auf der Außenfläche vor in Gestalt von Warzen, Knoten, Stacheln, Leisten u. s. w. (Fig. 51). Die zu Geweben verbundenen Zellen besitzen die Unebenheiten auf der Innenseite der Wand. Bald springen die Erhabenheiten in bestimmter Form gegen das Innere vor, so die ringförmigen (Fig. 52 *r*) und spiraligen (Fig. 52 *s*) Verdickungen

gewisser Gefäßwände; bei der sogenannten netzförmig verdickten Wand sind leistenförmige Verdickungen netzartig untereinander verbunden, so dass rundliche oder langgezogene dünne Stellen übrig bleiben; selten finden sich Querbalken, welche von der Wand entspringen, die Höhlung der Zelle durchsetzen und sich mitunter verzweigen. Bald sind aber einzelne, verhältnismäßig kleine Stellen der Wand im Dickenwachstum gegen die übrigen zurückgeblieben und erscheinen dann von der Oberfläche gesehen als helle Flecken, Tüpfel genannt, im Durchschnitt als Kanäle, die je nach der Mächtigkeit der verdickten Wandpartien von kleinerer (Fig. 53 *a*) oder größerer (Fig. 54) Ausdehnung sind. Sehr häufig erscheint der Tüpfel von der Fläche gesehen in Form zweier konzentrischer Kreise oder Ellipsen (Fig. 55 *B*), und zwar deshalb, weil der Tüpfelraum an der Innenseite der Wand eng und an der Außenseite weit ist (Fig. 55 *A*); solche gehöfte Tüpfel finden sich z. B. an den Tracheiden der Nadelhölzer, an vielen Gefäßwänden; die treppenförmige Verdickung mancher Gefäßwände beruht auf der regelmäßigen und dichten Anordnung von stark in die Breite gezogenen Tüpfeln.

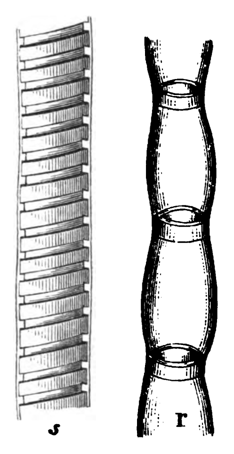


Fig. 52. *r* ringförmige, *s* spiralige Verdickung der Gefäßwände. *r* von außen gesehen, *s* im Längsschnitt (stark vergrößert, schematisch).

Die Zellwand zeigt, in manchen Fällen sehr deutlich, eine feinere Struktur, die auf dem Längs- und Querschnitt als konzentrische Schichtung (Fig. 54), auf der Flächenansicht als Streifung hervortritt. Diese Struktur kommt durch nachträgliche Differenzierung in der durch Intussusception wachsenden Wand zu stande; bisweilen kommt es jedoch auch vor, dass vom Protoplasma eine neue Membranschicht auf die bereits vorhandene aufgelagert wird, so z. B. zweifellos in den jungen Sporen und Pollenzellen (s. unten § 27, Fig. 57).

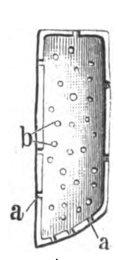


Fig. 53. Eine Zelle mit getüpfelter Wand aus dem Markstrahl von Sambucus. Sie ist der Länge nach durchschnitten und zeigt an den Seitenwänden die Tüpfel als Kanäle (*a*), an der Hinterwand als rundliche Flecken (*b*). (240 mal vergrößert.)

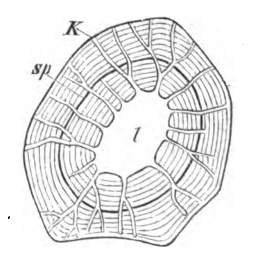


Fig. 54. Tüpfelkanäle. Querschnitt einer Sklerenchymzelle aus der Wurzel von Dahlia variabilis (800 mal vergr.). *l* die Zellhöhlung; *k* Tüpfelkanäle, welche hier (sonst selten) verzweigt sind; *sp* ein Sprung zwischen den Schichten der Wand (nach *Sachs*).

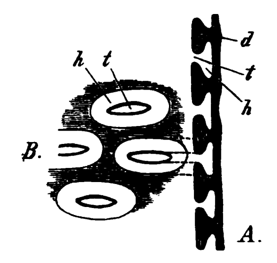


Fig. 55. Gehöfte Tüpfel an der Gefäßwand von Helianthus; *A* im Längsschnitt, *B* von der Fläche gesehen; *t* der Tüpfel; *h* der Hof; *d* Wand (600 mal vergrößert).

Die dünnen Zellhäute bestehen der organischen Substanz nach in der Regel ganz und gar aus Cellulose, welche durch Jod und Schwefelsäure, sowie durch Chlorzinkjod eine blaue Färbung annimmt; an dickeren Membranen aber findet man sehr häufig, dass bestimmte Partien, welche schalenartig umeinander gelagert sind, aus veränderter Cellulose bestehen. Diese Veränderungen sind im allgemeinen von dreierlei Art:

1. Die verkorkte (cuticularisierte) Zellhaut ist von Wasser nur sehr schwer durchdringbar, färbt sich mit Jod und Schwefelsäure gelb (z. B. Oberhautzellen, Kork, Pollenkörner, Sporen);

2. die verholzte Haut ist hart, für Wasser leicht durchdringbar, aber ohne bedeutende Aufquellung, färbt sich mit Jod und Schwefelsäure gelb, mit Phloroglucin und Salzsäure rot, mit schwefelsaurem Anilin gelb (z. B. Holzfasern, Gefäße);

3. die verschleimte Zellwand ist im trockenen Zustand hart oder hornartig, nimmt große Mengen von Wasser unter bedeutender Volumvermehrung auf und wird dadurch gallertartig und schleimig; sie färbt sich mit Jod und Schwefelsäure meist blau (z. B. Leinsamen, Quittenschleim).

Diese Veränderungen können entweder einzeln oder selbst mehrere zugleich in den verschiedenen Schichten einer Zellwand vorkommen.

Auch mineralische Stoffe werden beim Wachstum oft in größerer Menge in die Zellhaut eingelagert, besonders Kalksalze und Kieselsäure, und zwar häufig zwischen die kleinsten Teilchen der Hautsubstanz, so dass sie nicht unmittelbar wahrgenommen werden können, sondern beim Verbrennen als ein die Form der Zelle beibehaltendes Skelet zurückbleiben, wie z. B. die Kieselsäure in den Stengeln der Gräser und Schachtelhalme, die Kieselschalen der Diatomaceae (s. auch § 24, Fig. 49).

§ 27. Die **Entstehung der Zellen** ist immer an die Existenz bereits vorhandener Zellen gebunden. Eine direkte Bildung von Zellen aus den dazu notwendigen chemischen Verbindungen, Generatio spontanea oder aequivoca, ist bis jetzt nie beobachtet worden. Das Wesen der Zellbildung besteht darin, dass das Protoplasma einer Zelle, der Mutterzelle, sich ganz oder teilweise neu gestaltet. Da wir das Protoplasma als den wesentlichen Teil der Zelle kennen, und gerade bei der Zellbildung deutlich die dabei wirkenden Kräfte und Bewegungen ihren Sitz im Protoplasma haben, so ist es für die Vorgänge der Zellbildung vorerst gleichgiltig, ob die Tochterzellen eine neue Membran erhalten oder nicht; es ist daher auch die bloße neue Membranbildung um einen Protoplasmakörper durchaus nicht als Zellbildung zu betrachten, solange nicht dieser selbst eine Neugestaltung dabei erfährt. Wir beobachten bei der Zellbildung häufig bestimmte Veränderungen in den Zellkernen (s. oben § 20); aber nicht jede Teilung des Kernes darf als eine Zellbildung aufgefasst werden, vielmehr ist als Zellbildung nur die Entstehung eines individualisierten Protoplasmakörpers zu betrachten, mag derselbe einen oder mehrere Kerne enthalten, oder ganz kernlos sein.

Wir können drei verschiedene Typen der Zellbildung unterscheiden,



von welchen jedoch die beiden ersten durch mannigfache Übergänge verbunden werden.

I. Bei der Zellteilung spaltet sich der Protoplasmakörper der Mutterzelle in zwei neue, wobei die Trennungsfläche eine eigentümliche Struktur (»Zellplatte«) erhält und zumeist in eine neue Membran sich umbildet. Dieser Vorgang kommt in folgenden Modifikationen vor.

1. In wachsenden vegetativen Organen findet eine Fächerung der Zelle statt (Fig. 56), indem alsbald in der Trennungsfläche eine anfangs außerordentlich zarte Membran auftritt; dieselbe erscheint fast immer an allen Punkten der Trennungsfläche gleichzeitig; nur in wenigen Fällen (Spirogyra, Cladophora) wächst sie ringförmig von außen nach innen. Mit Ausnahme der neugebildeten Membran an der Trennungsfläche werden die neuen Zellen von der bisherigen Zellwand der Mutterzelle umschlossen. War in der Mutterzelle nur ein einziger Kern vorhanden, so beginnt der Teilungsvorgang mit der Teilung des Kerns, welcher entweder schon von vornherein so gelagert war, dass er von der zukünftigen Trennungsfläche quer durchsetzt wird (s. oben Fig. 40), oder sich erst kurz vor Beginn der Zellteilung in entsprechende Lage bewegt (Fig. 56). Es sind in diesem, weitaus häufigeren Falle Kernteilung und Zellteilung zusammengehörige Prozesse. Anders dagegen verhalten sich Zellen mit zahlreichen Kernen (z. B. Vaucheria, Cladophora); hier findet die Zweiteilung der Kerne fortwährend statt; die Abgrenzung zweier neuer Protoplasmakörper dagegen, die Zellteilung, steht hierzu in keiner Beziehung. Die vorhandenen Kerne verteilen sich auf die beiden neuen Tochterzellen nach Maßgabe ihrer eben vorhandenen Anordnung.

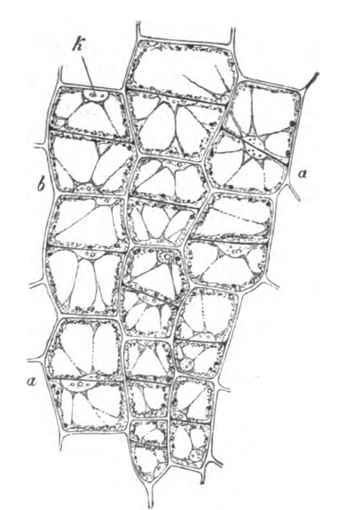


Fig. 56. Zellteilung in der Rinde des wachsenden Stengels von Vicia Faba (300); bei *a* hat die Teilung eben stattgefunden; der Kern (*k*) liegt noch an der neuen Wand; bei *b* hat er sich schon an die ältere Wand zurückgezogen.

2. Äußerlich, aber nicht dem Wesen nach hiervon verschieden ist die Abschnürung oder Sprossung, wie wir sie bei der Conidienbildung vieler Pilze (s. diese), aber auch bei der Vermehrung vegetativer Zellen der Hefe finden. Hier treibt die Mutterzelle zuerst eine Ausstülpung, welche mit ihr nur an einer ganz schmalen Stelle verbunden ist; an dieser verengten Stelle erfolgt nachher die Bildung einer neuen Membran und die Trennung.

3. Auf die Zweiteilung der Zelle lässt sich auch die Vierteilung zurückführen, welche für die Bildung der Sporen bei den Archegoniaten, sowie der Pollenkörner der Phanerogamen charakteristisch ist. Diese Vierteilung besteht entweder in einer rasch wiederholten Zweiteilung (gewöhnlich in der Richtung, dass die Trennungsflächen aufeinander rechtwinkelig sind), wobei in den

Trennungsflächen Zellplatten auftreten und sich in Membranen umwandeln (Fig. 57 *A*); oder aber die Zellplatte, welche bei der ersten Zweiteilung des

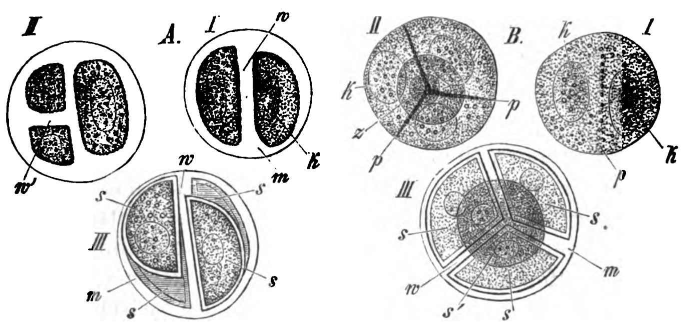


Fig. 57. Vierteilung der Sporenmutterzellen von Farnen, *A* von Schizaea, *B* von Pellaea rotundifolia. *I*, *II*, *III*, aufeinanderfolgende Stadien: *k* Zellkern; *p* Zellplatte; *s* Spore; *s'* im Hintergrunde liegende Spore; *m* Wand der Mutterzelle; *w* bei der Teilung entstandene Scheidewände (300mal vergrößert).

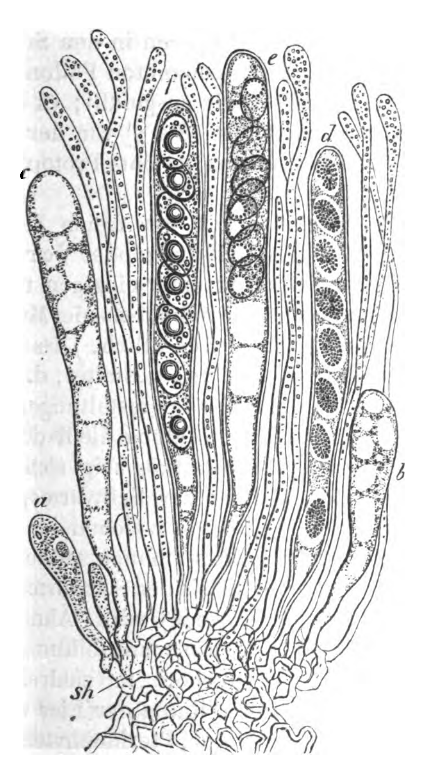


Fig. 58. Freie Zellbildung in den Schläuchen von Peziza convexula. *a—f* Entwickelungsfolge der Schläuche und Sporen (nach *Sachs*) (550).

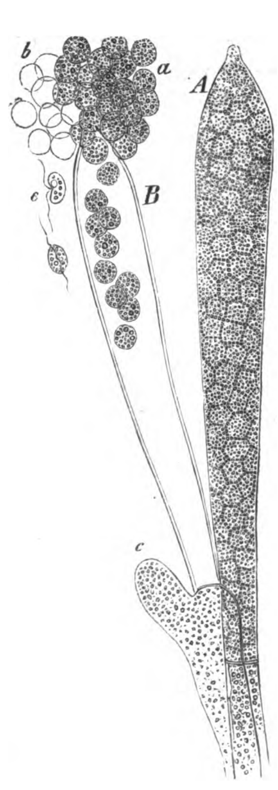


Fig. 59. Freie Zellbildung bei der Schwärmsporenbildung von Achlya (550) (nach *Sachs*).

Protoplasmakörpers entsteht, wird wieder rückgebildet, während eine neue Zweiteilung der beiden Protoplasmakörper eintritt; nun erfolgt die Mem-

branbildung erst zwischen den vier neuen Protoplasmakörpern, welche bald in einer Ebene liegen, bald (und zwar häufiger) tetraedrisch angeordnet sind (Fig. 57 *B*). Diese Art der Vierteilung bildet den Übergang zum folgenden Typus. Für die hier angegebenen Fälle der Vierteilung ist es weiterhin charakteristisch, dass die vier hierdurch entstandenen Zellen sich mit neuen Membranschichten umgeben (Fig. 57 *III*) und, von den letzteren umschlossen, durch Auflösung der Wand der Mutterzelle und der bei der Vierteilung entstandenen Membranen frei werden.

II. Bei der freien Zellbildung gruppiert sich das Protoplasma der Mutterzelle um (gewöhnlich) zahlreiche Centra; diese letzteren sind Zellkerne, welche wohl immer durch wiederholte Zweiteilung sich vermehrt haben. Die Zellplatten und damit die Membranen entstehen somit hier nicht zwischen einem Paare von Schwesterzellen, sondern zwischen Protoplasmakörpern, die sich gleichzeitig aus dem Protoplasma der Mutterzelle aussondern.

1. Als freie Zellbildung im engeren Sinne pflegt man die Zellbildung im Embryosack der Angiospermen bei Anlage des Eiapparates, die Endospermbildung vieler Phanerogamen, die Bildung der Sporen in den Schläuchen vieler Pilze (Fig. 58) zu bezeichnen; in all den genannten Fällen wird die Mutterzelle von den Tochterzellen nicht vollständig ausgefüllt; es bleibt sogar meistens ein Teil des Protoplasmas (s. z. B. Fig. 58 *e*, *f*) von der Zellbildung ausgeschlossen; doch wird bisweilen auch das gesamte Protoplasma (Sporangien vieler Pilze) verbraucht (Fig. 59).

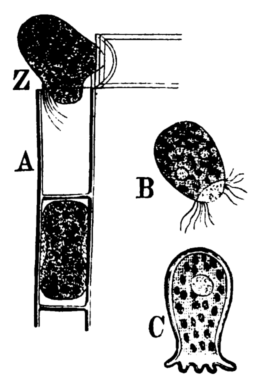


Fig. 60. Verjüngung bei der Schwärmsporenbildung von Oedogonium. *A* Stück eines Fadens; in der unteren Zelle fängt das Protoplasma eben an, sich zusammenzuziehen, in der oberen tritt es als verjüngte Primordialzelle (*Z*) eben aus. *B* schwärmende Spore, *C* Beginn der Keimung (350).

2. Ein spezieller Fall der freien Zellbildung ist die Vollzellbildung oder Verjüngung, d. h. die Bildung einer einzigen neuen Zelle aus dem gesamten Protoplasma der Mutterzelle. Es ist hierbei wesentlich, dass der Protoplasmakörper sich neu gestaltet, d. h. in seinem Inneren derartige Umgestaltungen erfährt, dass von einer Neubildung die Rede sein kann. Eine solche Umgestaltung zeigt sich z. B. deutlich bei der Bildung der Schwärmsporen von Oedogonium (Fig. 60), in welchen der farblose Teil des Protoplasmas anfangs seitlich (*A*) liegt, nachher aber die Basis der Schwärmspore (*B*) und der neuen Pflanze (*C*) wird. Ähnliches findet sich bei der Schwärmsporenbildung anderer Algen, z. B. von Vaucheria, mit zahlreichen Kernen, ferner bei der Bildung der Eier vieler Algen und Pilze, der Moose, Pteridophyten und Gymnospermen, ferner der Spermatozoiden. Auch hier kann es vorkommen, dass ein Teil des Protoplasmas der Mutterzelle nicht in die Neubildung mit eingeht, sondern ausgestoßen wird oder zurückbleibt (Eier von Vaucheria, Peronospora).

III. Eine besondere, von den oben geschilderten Vorgängen durchaus

verschiedene Zellbildung ist die Vereinigung je zweier oder mehrerer Zellen zu einer neuen Zelle; man bezeichnet den Vorgang in seiner einfachsten Form als **Konjugation** oder **Kopulation** (Fig. 61); er findet sich auch,

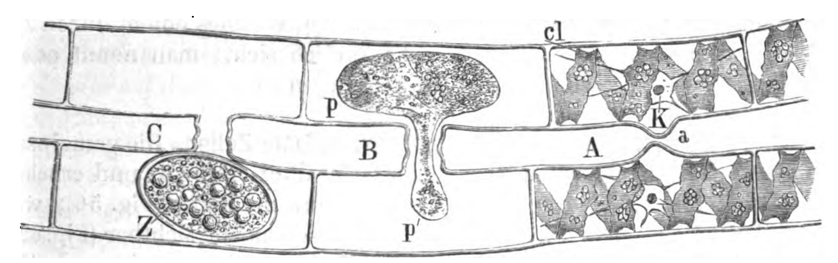


Fig. 61. Konjugation der Zellen von Spirogyra (400). *A* die Zellen zweier Fäden, welche sich eben zur Konjugation vorbereiten und bei *a* Fortsätze gegeneinander treiben; man erkennt den spiralbandförmigen Chlorophyllkörper *cl* und den Zellkern *K*. Bei *B* verschmilzt der Protoplasmakörper *p'* der einen Zelle mit dem der andern *p*. Bei *C* eine durch diese Verschmelzung entstandene Zygospore *Z*.

wenn auch vielfach modifiziert, bei allen Befruchtungsvorgängen. Die Zellen, welche sich vereinigen, sind zuerst durch einen der oben geschilderten Vorgänge entstanden, und liefern durch ihre Vereinigung ein neues, von ihnen selbst verschiedenes Produkt. Dabei kann als allgemeine Regel gelten, dass die gleichwertigen Teile beider kopulierenden Zellen sich miteinander vereinigen, z. B. Kern mit Kern, Chlorophyllkörper mit Chlorophyllkörper u. s. w.

Zweites Kapitel.

Gewebelehre.

§ 28. Als **Gewebe** bezeichnen wir jede Verbindung von Zellen, welche von gemeinsamem Wachstum beherrscht wird. Nach der räumlichen Anordnung der untereinander verbundenen Zellen unterscheiden wir:

Zellreihen, wenn die Zellen nur mit zwei gegenüberliegenden Endflächen aneinanderstoßend zu einem Faden oder einer Reihe verbunden sind [Spirogyra (Fig. 61), Oedogonium (Fig. 60 *A*), manche Haare];

Zellflächen, wenn die Zellen eine einfache Schicht bilden, also nach zwei Richtungen des Raumes aneinanderstoßen (manche Algen, Blätter vieler Moose);

Zellkörper, wenn die Zellen nach allen Richtungen des Raumes angeordnet sind.

Gewöhnlich bestehen die Gewebe aus Zellen, welche durch wiederholte Zweiteilung aus gemeinsamen Mutterzellen entstanden sind und schon durch die Art der Scheidewandbildung von Anfang an in Zusammenhang bleiben (Fig. 56); in einigen besonderen Fällen kommen Gewebe auch dadurch zu stande, dass entweder vorher isolierte Zellen mit ihren Wänden

nachträglich verschmelzen, um gemeinsam fortzuwachsen, oder dass durcheinandergeflochtene, aus Zellenreihen bestehende Fäden, auch ohne immer zu verschmelzen, dennoch ein gemeinsames Wachstum zeigen (Fig. 58*sh*). So entsteht sehr häufig bei den Pilzen durch Verflechtung und dichtes Aneinanderlegen vorher freier Zellen ein Gewebe, welches einem durch Zellteilung hervorgegangenen Gewebe sehr ähnlich sieht; man nennt es zum Unterschied von letzterem Pseudoparenchym.

§ 29. **Zusammenhang zu Geweben verbundener Zellen.** Die gemeinsame Wandung der Gewebezellen ist anfangs meist dünn und zart und erscheint auch bei den stärksten Vergrößerungen als einfache Platte (Fig. 56); wenn sie in die Dicke wächst, wird häufig eine mittlere Lamelle sichtbar (Fig. 62*m*), welche sie in zwei, scheinbar den beiden Nachbarzellen angehörende Teile spaltet; diese Mittellamelle ist nichts anderes, als eine besonders ausgebildete Partie der ganzen, beiden Zellen gemeinsam angehörenden Wand. Ihr von der übrigen Wand abweichendes chemisches Verhalten bedingt es, dass man durch ihre Auflösung (in Salpetersäure und chlorsaurem Kali) die einzelnen Zellen voneinander trennen kann. Wenn die gemeinsame Wand gleichartiger Zellen Tüpfelbildungen besitzt, so treffen die Tüpfel beider Seiten genau aufeinander (Fig. 62*t*); wenn jedoch einzelne Zellen eines Gewebes besondere Ausbildung erfahren, wie z. B. die Gefäße, so beschränkt sich deren ungleichmäßige Membranverdickung nur auf die eine Seite der gemeinsamen Wand; für die spiralige Verdickung ist dies ohnehin selbstverständlich; solche sich eigenartig ausbildende Zellen, wie z. B. jene, welche die Gefäße und Milchröhren bilden, zeigen überhaupt selbständige, von den Nachbarzellen verschiedene Wachstumsvorgänge.

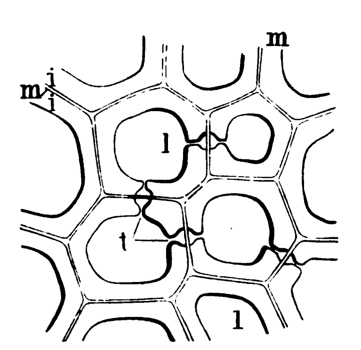


Fig. 62. Mittellamelle (*m*) auf dem Querschnitt der Rindenzellen von Trichomanes speciosum (500mal vergr.); *ii* neben der Mittellamelle liegende Hautsubstanz; *l* Zellhöhlung; *t* gehöfte Tüpfel, die in den benachbarten Zellen aufeinander treffen; deren beiderseitige Tüpfelräume sind durch die Mittellamelle von einander getrennt.

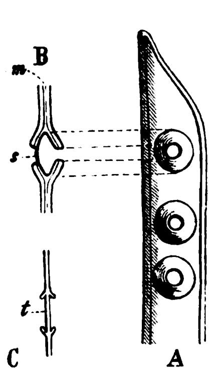


Fig. 63. Behöfte Tüpfel an den Holzfasern der Kiefer, *A* von der Fläche, *B* im Durchschnitt gesehen. *s* die Schließhaut, *m* die Mittellamelle. *C* junger Zustand im Durchschnitt, *t* die Anlage des Tüpfels (500, etwas schematisiert).

In sehr zahlreichen Fällen bleibt die dünne Wandstelle zwischen je zwei aufeinandertreffenden Tüpfelräumen erhalten (Fig. 62), und es gilt dies auch für die großen Hoftüpfel, welche sich an den Tracheiden der Nadel-

hölzer finden (Fig. 63). Diese letzteren wurden lange Zeit irrtümlicherweise für offene Verbindungskanäle zwischen den benachbarten Zellen gehalten, und es wurde diese Meinung dadurch veranlasst, dass die dünne Wandstelle zwischen den beiderseitigen Tüpfelräumen (die sog. Schließhaut) nicht wie gewöhnlich in der geraden Fortsetzung der übrigen Wand ausgespannt ist, sondern infolge eines nachträglichen Flächenwachstums gewölbt wird und sich dem einen der beiden Ausgänge des in der Wand zu stande kommenden linsenförmigen Hohlraums anlegt (Fig. 63 *B*, *s*). Die Entstehung dieser Tüpfel erfolgt derart, dass die Wand rings um eine dünn bleibende Stelle (die nachherige Schließhaut) sich wallförmig verdickt (Fig. 63 *C*).

Hingegen kommt es in anderen Fällen wirklich vor, dass die dünne Wandstelle zwischen je zwei Tüpfelräumen aufgelöst wird, so dass die benachbarten Zellhöhlungen in offene Kommunikation miteinander treten; ähnliche Auflösung kann auch ganze Wände treffen, wie dies bei der Bildung vieler Gefäße eintritt. Die hierdurch in Verbindung miteinander tretenden Zellen enthalten keinen lebendigen Protoplasmakörper mehr und sind als Umwandlungsprodukte von Zellen zu betrachten.

Die Protoplasmakörper benachbarter Zellen stehen öfters, wie in neuerer Zeit mehrfach beobachtet wurde, durch außerordentlich zarte Protoplasmastränge in Verbindung, welche die Membranen bald an den Tüpfeln, bald aber auch an anderen Stellen durchsetzen und wahrscheinlich schon von der ersten Entstehung der Zellwand an vorhanden sind.

Intercellularräume sind Lücken im Gewebe, welche zwischen zwei oder mehr Zellen auftreten; sie können auf zweierlei Weise entstehen; entweder schizogen, d. h. durch teilweise Spaltung der gemeinsamen Wand, oder lysigen, d. h. durch Desorganisation bestimmter Zellen, welche von bleibenden umgeben werden.

1. Schizogen entstehen die luftführenden Intercellularräume, welche sich zwischen den Zellen saftiger, dünnwandiger Gewebe, und zwar meist dort finden, wo mehrere Zellen zusammenstoßen (Fig. 64 *z*). Bisweilen erreichen einzelne solcher Intercellularräume (dann Luftlücken genannt) eine außerordentliche Größe, so dass dadurch ganze Zellschichten und Zellreihen vom übrigen Gewebe und von einander getrennt werden, so z. B. im Blattstiel der Seerosen und anderer Wasserpflanzen. Haar- oder faserförmige Fortsätze, welche hier (auch z. B. bei Aspidium) von den umgebenden Zellen aus frei in diese großen Intercellularräume hineinwachsen, werden als »innere Haare« bezeichnet.

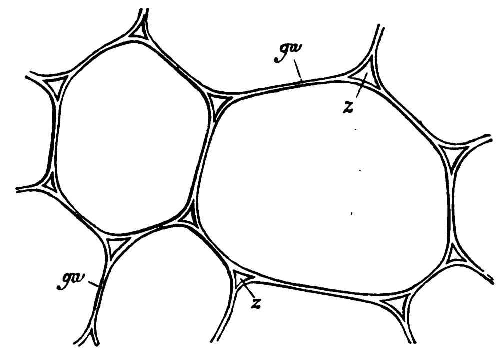


Fig. 64. Intercellularräume (*z*) zwischen den Markzellen von Zea Mais (550); *gw* die gemeinsame Wand. (Nach *Sachs*.)

2. Lysigen, d. h. durch Desorganisation, nämlich durch Vertrocknung und Zerreißen eines größeren Komplexes von Zellen, entstehen die großen luftführenden Lücken in den Stengeln und Blättern von Juncus, die großen, sich über ganze Inter-

nodien erstreckenden Hohlräume in der Achse vieler Stengel (Gräser, Doldengewächse, Schachtelhalme), sowie ähnliche Hohlräume in Blättern (z. B. Schnittlauch).

Während die eben besprochenen Intercellularräume Luft enthalten, dienen andere, sowohl schizogene als lysigene, als Sekretbehälter; diese s. u. §38.

§ 30. **Gewebearten.** Nehmen wir auf die Gestalt der einzelnen Gewebeelemente und die dadurch bedingte Art ihrer Aneinanderfügung Rücksicht, so unterscheiden wir Parenchym und Prosenchym. In ersterem (s. Fig. 44, 48, 64) sind die Zellen nicht viel länger als breit, mit breiten Querflächen aufeinandergesetzt; im Prosenchym dagegen sind die Zellen viel länger als breit, mit ihren zugespitzten oder zugeschärften Enden zwischen einander eingeschoben.

Nach der Teilungsfähigkeit der Zellen unterscheiden wir Dauergewebe und Teilungsgewebe (Meristeme). Ersteres besteht aus Zellen, welche sämtlich aufgehört haben, sich zu teilen, und ihre definitive Form angenommen haben; letzteres dagegen aus Zellen, welche derart in Teilung begriffen sind, dass gewisse Tochterzellen sich immer wieder teilen, während die anderen in Dauergewebe übergehen.

Während das Teilungsgewebe selbstverständlich nur Zellen mit lebendem Protoplasmakörper enthält, kann das Dauergewebe auch aus Elementen bestehen, welche die eigentliche Zellenqualität, den lebendigen Protoplasmakörper, verloren haben.

§ 31. **Die Meristeme.** Bei den meisten Pflanzen findet in späteren Stadien Neubildung von Organen und damit Zellteilung nur an bestimmten Punkten des Körpers statt, den Vegetationspunkten. Dieselben liegen an den Wurzeln oder den Sprossen am Scheitel, an der Spitze der Achse oder nahe der Wurzelspitze, und man spricht dann von endständigen oder terminalen Vegetationspunkten; seltener, wie bei den meisten Blättern, bleibt das basale Stück des Organs teilungsfähig, während die übrigen Teile in Dauergewebe übergehen, und die Spitze des Organs der älteste Teil desselben ist. Dieses sind die intercalaren Vegetationszonen. Sämtliche Vegetationspunkte resp. -zonen bestehen aus Meristem, dessen Zellen teilungsfähig, protoplasmareich, mit großen Zellkernen versehen, dünnwandig sind und ohne Intercellularräume zusammenschließen. Aus diesem Meristem bilden sich allmählich die verschiedenen Gewebe heraus durch verschiedene Ausbildung der anfangs gleichartigen Zellen. Die meisten Blätter, Früchte und manche andere Organe bestehen in ihrer frühesten Jugend ganz und gar aus Meristem, welches sich später überall in die verschiedenen Gewebe umbildet, so dass gar kein Meristem mehr übrig bleibt. An solchen Organen hingegen, welche ein lange andauerndes Scheitelwachstum besitzen (Stengel, Wurzel), bildet sich in demselbem Maße, als das Meristem in Dauergewebe übergeht, fortwährend wieder neues Meristem durch Entstehung neuer Zellen dieht am Scheitel. Dieses sich fortwährend regenerierende Meristem giebt auch für die normal entstehenden seitlichen Bildungen das Meristem ab, so dass also sämtliches Meristem an den zahlreichen Vegetationspunkten der Zweige und Wurzeln eines Baumes direkt von dem Meristem des Keimpflänzchens abstammt.

Das Meristem der Vegetationspunkte kann man, weil alle anderen Gewebe sich von ihm ableiten, auch als Urmeristem bezeichnen und ihm die sog. Folgemeristeme gegenüberstellen. Es wandelt sich nämlich oft nicht sämtliches Urmeristem in Dauergewebe um, sondern es bleiben zwischen den differenzierten Formen des Dauergewebes gewisse Schichten von Meristem erhalten, oder es können gewisse Zellen des Dauergewebes wieder meristematischen Charakter annehmen, wie dies bei der Entstehung adventiver Bildungen der Fall ist (§ 3). Das Cambium (vergl. § 35, 36) ist ein Folgemeristem; das Korkgewebe (§ 33) entsteht aus einem solchen, und das Dickenwachstum der Monokotyledonen (§ 36) beruht auf der Thätigkeit von Folgemeristemen.

Bei den Thallophyten und Archegoniaten geschieht die fortwährende Bildung des Urmeristems durch Vermittelung einer einzigen, durch Größe und Form ausgezeichneten, die Spitze des Organs einnehmenden Zelle, der Scheitelzelle (Fig. 65 *v*). Aus ihr entstehen sämtliche Zellen des Urmeristems und somit des ganzen Pflanzenkörpers dadurch, dass sie sich in bestimmter Reihenfolge in je zwei Zellen teilt, von denen die eine der ursprünglichen Scheitelzelle an Gestalt ähnlich bleibt, wächst und wieder als Scheitelzelle fungiert, während die andere, das sog. Segment, durch weitere Teilungen (*a*, *b*, *c*, Fig. 65) einen Teil des Gewebes des betreffenden Organs bildet: das ganze Gewebe desselben setzt sich aus den einzelnen nacheinander erzeugten Segmenten zusammen. Die Art der Bildung der Segmente ist bei einigen

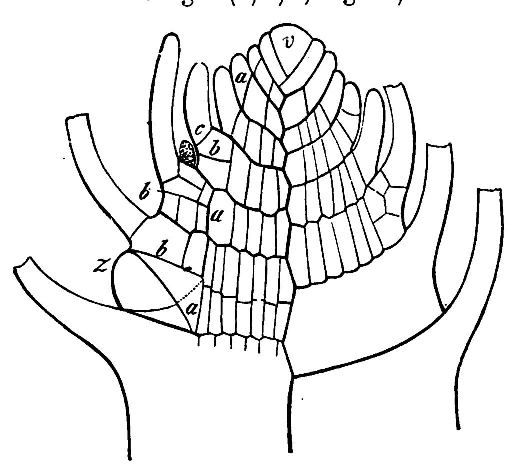


Fig. 65. Scheitelzelle (*v*) und deren Segmente. Längsschnitt durch die Stengelspitze, von Fontinalis antipyretica (vergrössert); die aus den einzelnen Segmenten entstandenen Gewebepartien sind durch stärkere Linien umzogen. (Nach *Sachs*.)

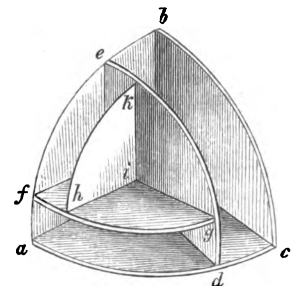


Fig. 66. Schema einer tetraedrischen Scheitelzelle *a b c*; *d e*, *f g*, *h k* die drei aufeinander folgenden Teilungen derselben. (Nach *Sachs*.)

Algen sehr einfach, wo die Scheitelzelle sich bloß durch Querwände teilt, die Segmente also eine Längsreihe bilden; komplizierter ist der Vorgang, wenn die Segmente abwechselnd nach rechts und links durch schräge, aufeinanderstoßende Wände abgegliedert werden; noch komplizierter an den Stengeln der meisten Moose und Farne, wo die Scheitelzelle die Gestalt einer umgekehrten dreiseitigen Pyramide hat und sich in bestimmter Reihenfolge an den drei Seiten durch schräge Wände teilt (Fig. 65, 66).

Die Vegetationspunkte der Phanerogamen lassen keine Scheitelzelle erkennen, auf welche sich die Zellen des Urmeristems ihrem Ursprunge nach sämtlich zurückführen ließen. Doch kann man hier, ebenso wie bei den höheren Kryptogamen, schon im Urmeristem die beginnende Sonderung in die verschiedenen Gewebe wahrnehmen. Zunächst ist der Vegetationspunkt von einer kontinuierlichen Hautschicht umzogen, welche sich weiter rückwärts unmittelbar in der Oberhaut (Epidermis) fortsetzt; da sie das Meristem des Hautgewebes darstellt, hat man sie als Dermatogen bezeichnet. Die darunter liegenden Zellen des Urmeristems zeigen häufig, doch nicht immer, eine weitere Gliederung: eine zentrale Partie, das Plerom (Fig. 67 *m m*), aus axilgestreckten, reihenförmig angeordneten Zellen bestehend, und eine das Plerom kappenartig bedeckende Gewebepartie, das Periblem (Fig. 67 *r*). Aus dem Plerom gehen das Mark und die Gefäßbündel, aus dem Periblem das Rindengewebe hervor; aus letzterem entstehen auch Blätter und Seitensprosse (Fig. 67 *b*).

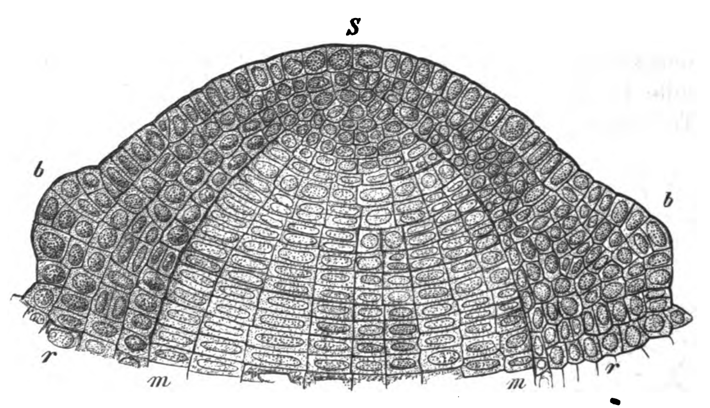


Fig. 67. Längsschnitt durch den Vegetationspunkt des Sprosses der Edeltanne; *S* Scheitel; *m m* Plerom, *r* Periblem; *b* junge Blattanlagen. (Nach *Sachs*.)

An allen Vegetationspunkten, mögen dieselben eine Scheitelzelle besitzen oder nicht, zeigt sich eine gewisse Regelmäßigkeit in der Anordnung der Zellen, welche darin ihren Grund hat, dass die neuen Teilungswände sich annähernd rechtwinkelig an die bereits vorhandenen ansetzen. Die hier auftretenden Zellwände gehören Kurvensystemen an (Fig. 67), die sich rechtwinkelig schneiden. Die Zellwände, welche parallel der Oberfläche verlaufen, heißen periklin, diejenigen, welche sie und die Oberfläche rechtwinkelig schneiden, antiklin.

Der Vegetationspunkt der Wurzeln wird noch von der Wurzelhaube (§ 13) überdeckt; dieselbe entsteht wie der Wurzelkörper ebenfalls aus dem Urmeristem der Wurzelspitze, jedoch nach der entgegengesetzten Seite. Das jüngste Gewebe der Wurzelhaube liegt dem Urmeristem des Wurzelkörpers am nächsten und geht hervor entweder 1) aus einem besonderen, vom Wurzelkörper scharf abgegrenzten Teilungsgewebe, dem Calyptrogen (Fig. 68 *c*), z. B. Gramineen, oder 2) aus dem Dermatogen, z. B. Helianthus,

oder 3) aus einem für Dermatogen uud die inneren Gewebe des Wurzelkörpers, sowie die Wurzelhaube gemeinsamen Teilungsgewebe, z. B. Leguminosen, oder endlich 4) aus einem mit der Rinde des Wurzelkörpers gemeinschaftlichen Teilungsgewebe, so bei den Gymnospermen.

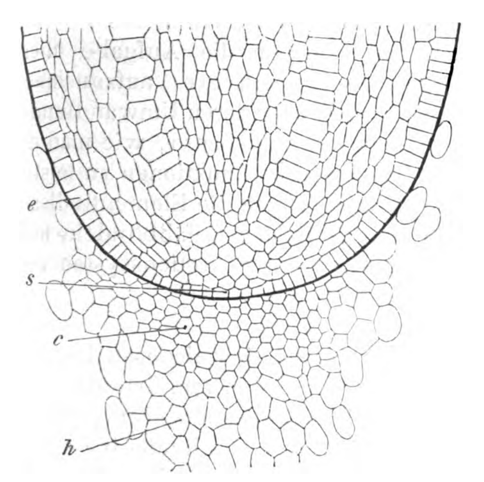


Fig. 68. Längsschnitt durch die Wurzelspitze von Zea Mais; *e* die Epidermis, *s* der Scheitel des Wurzelkörpers; *c* das Calyptrogen; *h* der ältere Teil der Wurzelhaube.

Fig. 69. Querschnitt des Blattstiels von Helleborus (20); *e* Hautsystem, *g* Grundgewebe, *f* Leitungssystem.

§ 32. **Gewebesysteme.** Aus dem Urmeristem des Vegetationspunktes entwickeln sich also alle die Formen, welche das Dauergewebe annehmen kann. Diese können am besten nach ihrer entwickelungsgeschichtlichen Entstehung und späteren physiologischen Aufgabe gruppiert werden und hiernach nennt man die Gesamtheit der einer Funktion dienenden Zellen (resp. deren Umwandlungsformen) ein Gewebesystem. Wir werden aber vor allem denjenigen Systemen eine hervorragende Wichtigkeit zuerkennen, welche allen höheren Pflanzen zukommen; wie die Beobachtung lehrt, ist dies für das Leitungssystem (Gefäßbündel) der Fall. Berücksichtigen wir ferner, dass an der Oberfläche des Pflanzenkörpers bestimmt charakterisierte Formen des Zellgewebes auftreten, so erhalten wir folgende drei Hauptsysteme des Pflanzenkörpers:

1. das Hautsystem (Fig. 69 *e*), umfassend diejenigen Zellengewebe, welche im Zusammenhang mit ihrer Aufgabe, den Pflanzenkörper nach außen abzuschließen, aber auch mit der Umgebung in Verbindung zu setzen, besondere Ausbildung erfahren;

2. das Grundgewebe (Fig. 69 *g*), von parenchymatischen Zellen gebildet, welches den mit Ausnahme des Leitungssystems übrig bleibenden Raum innerhalb des Hautgewebes einnimmt. Je nach der physiologischen Aufgabe dieses Gewebes erfahren seine Zellen eine verschiedenartige Ausbildung, und man kann hiernach noch unterscheiden ein Speichergewebe, Assimilationsgewebe, Durchlüftungsgewebe u. s. w.

3. das Leitungs- (oder Gefäßbündel-)system (Fig. 69 *f*), der Leitung des Wassers und der plastischen Stoffe dienend, vorzugsweise aus prosenchymatischen Zellen bestehend, durchzieht das Grundgewebe in Form von Strängen, welche meist schon dem unbewaffneten Auge als solche deutlich erkennbar sind.

Gewisse Zellen des Grundgewebes oder gewisse Partien dieses Gewebes aber auch des Haut- und Leitungssystems, haben die Aufgabe übernommen, die Auswürflinge des Stoffwechsels (Sekrete) aufzunehmen und zu speichern; man hat diese Zellen, Gewebe oder deren Umwandlungsformen als Sekretionssystem zusammengefasst, ebenso, wie man die Zellformen, welche in der Pflanze nur mechanische Funktionen zu leisten haben, als mechanisches System bezeichnet. Auch die Elemente dieses Systems können sowohl im Grundgewebe, als in den Gefäßbündeln auftreten; doch empfiehlt es sich der Darstellung wegen, Sekretionssystem und mechanisches System für sich gesondert zu betrachten.

§ 33. **Das Hautsystem.** 1. Die Epidermis. Bei den niederen Pflanzen (Thallophyten) ist das Hautsystem nicht scharf geschieden vom Grundgewebe und wird eigentlich nur von den äußeren Schichten des letzteren gebildet. Bei den höheren Pflanzen ist die gewöhnliche Form des Hautgewebes die Epidermis (Fig. 69 *e*); diese überzieht die meisten einjährigen Pflanzenteile und besteht gewöhnlich aus einer einzigen Zellschicht, deren Zellen (mit Ausnahme der Spaltöffnungen, s. u.) lückenlos zusammenschließen; an manchen Pflanzenteilen (Zwiebelschalen, Begonienblättern) lässt sie sich als dünnes durchsichtiges Häutchen leicht abziehen. In einzelnen Fällen (Blätter von Ficus, Peperomia, Cassia) zerfällt die ursprünglich einschichtige Epidermis durch tangentiale Teilungen in zwei oder mehr Zellschichten, von denen dann aber nur die äußerste den Charakter der eigentlichen Epidermis trägt, so dass unter dieser ein Gewebe von etwas anderer Ausbildung zu liegen kommt, das man als Hypoderm bezeichnet hat. Nicht alle Hypoderme entstehen jedoch aus der Epidermis, einzelne auch aus dem Grundgewebe.

Zuweilen sind die Epidermiszellen nur wenig verschieden von denen der darunter liegenden Schichten, so z. B. an den Wurzeln und den Blättern mancher Wasserpflanzen; wesentliche Verschiedenheiten jedoch zeigen sie bei den an der Luft wachsenden Stengeln und Blättern, wo sie meistens noch durch besondere andere Bildungen, wie Spaltöffnungen und Haare, ausgezeichnet sind. Selten enthalten die Epidermiszellen Chlorophyll, hingegen bisweilen gelöste Farbstoffe. Der Hauptinhalt der Epidermiszellen ist Wasser, und wir haben daher die Epidermis als ein wichtiges Wasserreservoir der Pflanze zu betrachten. Die Form der Epidermiszellen ist an stark in die Länge wachsenden Pflanzenteilen meist langgezogen, an breiten Blättern meist breit tafelförmig; sehr häufig sind die Seitenwände wellenartig gebogen, so dass die benachbarten Epidermiszellen ineinander eingreifen (Fig. 71 *B*). Die äußerste Wandfläche ist gewöhnlich stärker verdickt, als die übrigen Wände; ihre äußerste Hautschicht ist immer cuticularisiert und

heißt Cuticula; sie ist gegen die inneren Hautschichten, welche auch in verschieden hohem Grade cuticularisiert sind, scharf abgesetzt (Fig. 71 *Ac*) und läuft ununterbrochen über die ganze Epidermis hin; sie überzieht auch die nach außen vorspringenden Verdickungen der Außenwand (Fig. 71 *A*, *l*). Der Cuticula vieler oberirdischer Pflanzenteile sind Wachspartikelchen eingelagert, welche deren Oberfläche vor Benetzung mit Wasser schützen; öfters tritt dieses Wachs an der äußeren Fläche in Form von kleinen Körnchen (Cassia), Stäbchen (Fig. 70) oder Krusten hervor und bildet dann bald einen abwischbaren bläulichen Reif (z. B. auf den Pflaumen), bald aber auch größere Ansammlungen wie auf den Früchten von Myrica cerifera, den Stämmen und Blättern mancher Palmen (Ceroxylon andicola, Copernicia cerifera).

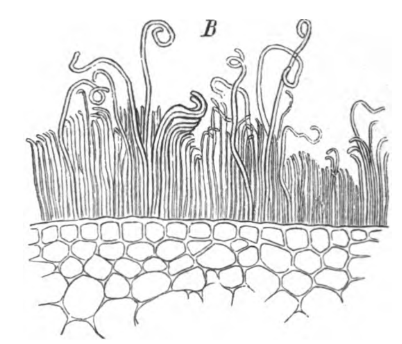


Fig. 70. Querschnitt durch den Stengel von Saccharum officinarum mit Ausscheidung von Wachsstäbchen (vergr. 142). (Nach *De Bary*.)

Manche Samen (Linum, Cydonia, Cruciferen u. s. w.) besitzen eine Schleimepidermis, deren meist weitlumige Zellen kurz vor der Reife an den Außen- und Seitenwänden aus Pflanzenschleim bestehende Verdickungsschichten erhalten. Bei Benetzung des Samens mit Wasser wird die Zellhaut gesprengt und der Samen in Schleim eingehüllt.

2. Spaltöffnungen sind Organe, welche stellenweise den Zusammenhang der Epidermiszellen unterbrechen und die Verbindung der in den Intercellularräumen enthaltenen Luft mit der Atmosphäre vermitteln. Jede Spaltöffnung besteht aus zwei eigentümlich gebauten Epidermiszellen, den Schließzellen, welche von der Fläche gesehen meist halbmondförmig sind (Fig. 71 *s*) und zwischen sich die Spalte (*sp*) einschließen. Die Schließzellen enthalten immer Chlorophyll und Protoplasma. Die Spalte führt zu der Atemhöhle (Fig. 71 *A*, *a*), einem größeren Intercellularraume zwischen der Epidermis und dem darunterliegenden Gewebe, mit welchem die übrigen Intercellularräume

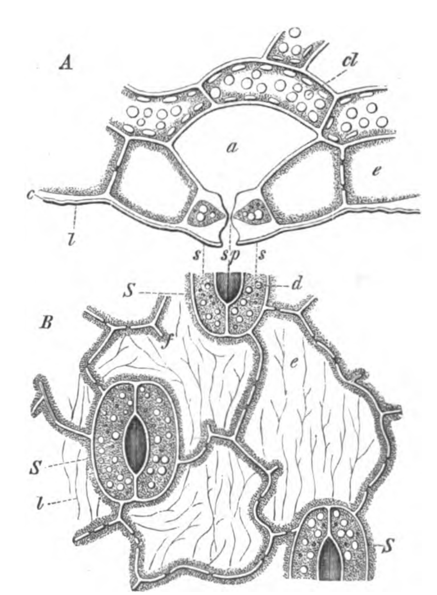


Fig. 71. Epidermis mit Spaltöffnungen von der Blattunterseite von Helleborus foetidus: *A* im Querschnitt, *B* von der Fläche gesehen (300 mal vergr.); *e* Epidermiszellen, *c* Cuticula, *l* Verdickungsleisten der Außenwand, *f* Falten der Seitenwände; *S* Spaltöffnung, *s* Schließzellen, *sp* Spalte, *a* Atemhöhle, *cl* Mesophyll, *d* Chlorophyllkörner.

kommunizieren. Durch verschiedene äußere Einflüsse wird die Spalte bald verengert, bald erweitert, was durch Formänderung der Schließzellen bewirkt wird. Die Spaltöffnungen finden sich an fast allen oberirdischen Pflanzenteilen, besonders zahlreich auf Blättern (bis 600 auf einen Quadratmillimeter), fehlen meistens an in Wasser untergetauchten und immer an den Wurzeln.

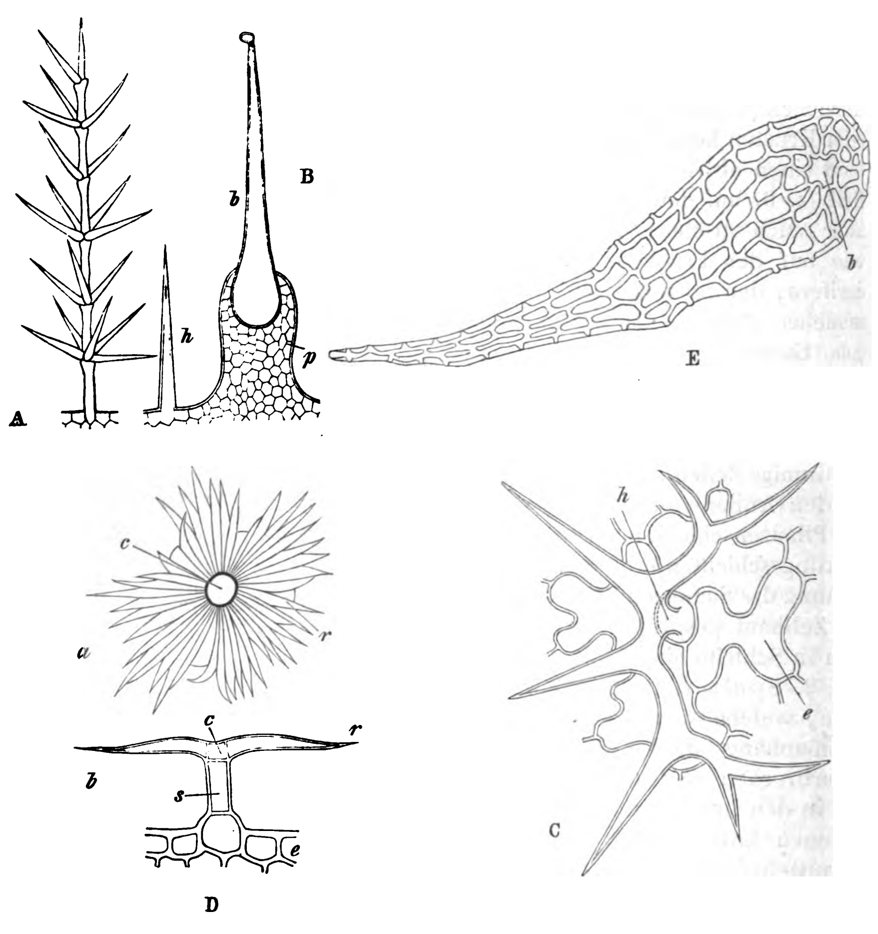


Fig. 72. Verschiedene Haarformen. *A* von Verbascum; *B* von Urtica, *h* einfaches, *b* Brennhaar mit basalem Gewebepolster *p*; *C* verzweigtes Haar (*h*) von Matthiola von der Fläche der Epidermis *e* gesehen; *D* Schülferschuppe von Hippophae, *a* von oben gesehen, *b* im Durchschnitt durch die Blattfläche; *e* Epidermis, *s* Stiel, *c* centrale Zelle, *r* Strahlen; *E* Spreuschuppe von Asplenium; *b* die Anheftungsstelle.

Die Spaltöffnung entsteht dadurch, dass eine junge Epidermiszelle sich in zwei Zellen, die beiden Schließzellen, teilt, welche von einer anfangs einfachen, später sich in zwei Lamellen trennenden Wand geschieden werden; doch gehen der Teilung der Mutterzelle in die beiden Schließzellen noch häufig Teilungen voran, wodurch die beiden Schließzellen in bestimmter Anordnung von Zellen umgeben werden, die von den übrigen

Epidermiszellen durch Form und Größe abweichen (Nebenzellen der Spaltöffnung).

Die Spaltöffnungen sind demnach als Luftventile aufzufassen und treten in Gegensatz zu den Wasserspalten, welche jenen zwar im Wesentlichen gleich gebaut sind, aber als Durchtrittsstellen für abgeschiedenes Wasser dienen; daher sind ihre Schließzellen unbeweglich und ihre Lage meist über den Enden von Gefäßbündeln. Da das abgeschiedene Wasser bisweilen reichliche Mengen von Kalkkarbonat enthält, wird letzterer über der Spalte in Form kleiner Kalkkrusten ausgeschieden (Saxifragaarten).

3. Die Haare sind Produkte der Epidermis und entstehen durch Auswachsen meist einer Epidermiszelle (Fig. 72 *B*, *h*), welche einfach ohne Scheidewand bleiben kann (Wurzelhaare, welche den sammetartigen Überzug auf jungen Wurzeln bilden, die Haare der Samenschale von Gossypium, aus welchen die Baumwolle besteht), oder sich wiederholt teilt und eine Zellreihe erzeugt; die ausgewachsene Epidermiszelle kann sich aber auch nach der Quere und Länge oder nach verschiedenen Richtungen teilen und so eine Zellfläche (Spreuschuppen auf den Blättern der Farnkräuter, Fig. 72 *E*), oder Zellkörper (z. B. die starken Haare auf den Früchten der Disteln und ähnlicher Pflanzen) erzeugen. Verzweigung der Haare kommt sowohl bei einzelligen (Fig. 72 *C*, *h*), als mehrzelligen (Fig. 72 *A*) vor; schildförmige Ausbildung zeigen die Spreuschuppen mancher Farne (Fig. 72 *E*), sowie die Schülferschuppen (Fig. 72 *D*). Wird ein Haar nur an der Spitze zu einem Zellkörper oder schwellen die obersten Zellen stärker an so heißt es Köpfchenhaar. In manchen Fällen verschwindet der Inhalt der Haarzellen schon frühzeitig, so z. B. bei der Baumwolle, und wird durch Luft ersetzt. Die Membran verdickt sich bisweilen stark und lagert nicht selten auch größere Mengen von Kalk und Kieselsäure in sich ein. Die Brennhaare der Brennesseln (Fig. 72 *B*, *b*) und anderer Pflanzen erzeugen einen scharfen Stoff, welcher dadurch, dass die Spitze sehr leicht abbricht, in die berührende Hand gelangt. Haare, welche Sekrete absondern, heißen Drüsenhaare. — Vergl. auch § 14.

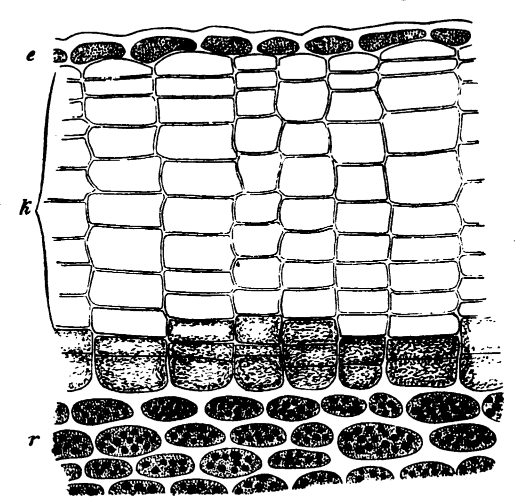


Fig. 73. Kork eines einjährigen Zweiges von Ailantus glandulosa (Querschnitt, 350); *e* die abgestorbene Epidermis, *k* Korkzellen, innen noch teilungsfähig, als Phellogen; *r* die Zellen der grünen Rinde.

4. Kork. An Pflanzenteilen, welche in die Dicke wachsen (Stämme und Zweige der Holzpflanzen, Kartoffelknollen, Wurzeln u. s. w.), vermag die Epidermis der dadurch bedingten Dehnung gewöhnlich nicht zu folgen, und es entsteht ein neues Hautgewebe, der Kork oder das Periderm. Derselbe besteht aus tafelförmigen, recht-

winkelig zur Oberfläche des Pflanzenteiles reihenweise angeordneten Zellen, den Korkzellen, welche ohne Intercellularräume aneinanderschließen, deren Membranen für Wasser kaum durchdringbar, verkorkt sind, und deren Inhalt bald durch Luft ersetzt wird (Fig. 73 *k*). Die Korkzellen entstehen durch tangentiale Teilung der Zellen eines hierzu bestimmten Meristems, des Phellogens, welches häufig nach innen zu noch parenchymatische, chlorophyllreiche Zellen, das Phelloderm, der Rinde hinzufügt.

Nur bei sehr wenigen Holzpflanzen (z. B. Mistel, Acer pennsylvanicum) unterbleibt die Korkbildung völlig, oder tritt (Evonymus) erst an mehrjährigen Zweigen auf. Gewöhnlich erfolgt sie schon an einjährigen Zweigen gegen Ende des Sommers, wodurch deren ursprünglich grüne Farbe ins bräunliche übergeht. Dieses Periderm, welches zum Ersatz der absterbenden Epidermis dient, bildet sich gewöhnlich in der der Epidermis unmittelbar angrenzenden äußersten Zellschicht der Rinde; nur selten (Salix, Pomoideen) wird die Epidermis selbst zum Phellogen, oder das Phellogen tritt in tieferen Rindenschichten (Leguminosen, Lärche, Ribes, Vitis) auf. Wegen der Undurchlässigkeit der Korkzellen für Wasser müssen alle außerhalb des Periderms liegenden Gewebe, von der Stoffzufuhr abgeschnitten, vertrocknen; diese infolge der Peridermbildung vertrocknenden Gewebe, welche somit verschiedene Gewebesysteme und die verschiedensten Zellformen enthalten können, werden als Borke bezeichnet. In den Wurzeln bildet sich das primäre Periderm stets im Pericambium (vergl. § 35); es wird folglich die gesamte, oft sehr mächtige Rinde in Borke verwandelt und abgeworfen.

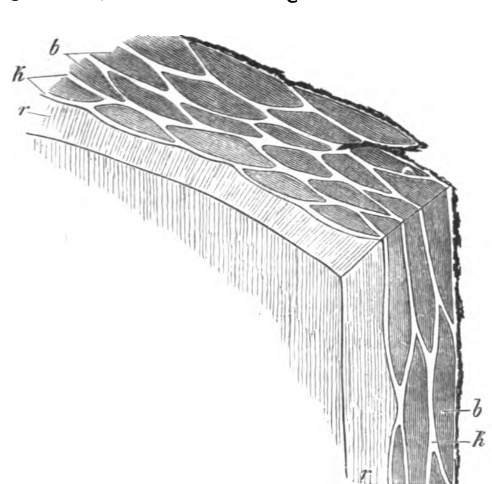


Fig. 74. Borkebildung der Lärche an einem Quer- und längs durchschnittenen Rindenstück (nat. Gr.). *r* die noch lebende Rinde; *k* Korklamellen; *b* die durch dieselben isolierten Borkeschuppen.

Wo das primäre Periderm in den äußeren Rindenschichten (oder der Epidermis) entsteht, bildet es mehrere Jahre hindurch die äußere Umhüllung der Zweige; es kann dabei sehr mächtig werden (Korkeiche) und in abwechselnd dichtere und lockerere Schichten gegliedert sein (z. B. bei der Birke, wo sich die Schichten als weiße Häutchen abziehen lassen); bisweilen (Acer campestre, Korkulme) tritt es an einzelnen Kanten der Zweige flügelartig vor. Bei wenigen Bäumen (z. B. Weißtanne) bleibt dieses primäre Periderm viele Jahre oder zeitlebens (Buche) erhalten, indem, entsprechend der Dickenzunahme des Stammes, die äußersten Korkzellen sich abschilfern, während das tangential sich dehnende und wachsende Phellogen neue bildet. In den meisten Fällen aber entstehen

nach wenigen Jahren neue Peridermlagen in tieferen Gewebeschichten, womit natürlich eine ausgiebige Borkebildung verbunden ist. Wenn die neuen sekundären Peridermlagen nur einen Teil des Umfanges einnehmen und sich mit ihren Rändern an die vorhergegangenen Peridermlagen anschließen (Fig. 74 *k*), so entsteht die Schuppenborke, d. h. einzelne schuppenförmige Gewebekomplexe gehen in Borke über (Fig. 74 *b*). Diese Borke wird durch die Dickenzunahme gedehnt und zerreißt infolge dessen; dabei können die Borkeschuppen sich vom Stamme loslösen (Platane) oder auf einander haften bleiben (Kiefer, Lärche) oder auch der Länge nach durch Bastfasern (§ 37) in Zusammenhang gehalten werden (Robinia). Wo hingegen schon das primäre Periderm in tieferen Rindenschichten auftritt, da bilden oft die späteren Periderme lauter unter sich parallele, in sich geschlossene Ringe; es werden daher hohlcylindrische Rindenstücke in Borke verwandelt (Ringelborke). Die in diese Borke eingeschlossenen Bastfasern bedingen ihr longitudinales Zerreißen (z. B. Weinstock, Clematis, Thuja).

Wie die Epidermis Spaltöffnungen besitzt, so finden sich auch im Periderm Organe vor, welche den Zutritt der umgebenden Luft zum lebenden Rindengewebe ermöglichen; es sind dies die Lenticellen oder Rindenporen, meist kreisförmig umschriebene Stellen des Periderms, an welchen die Korkzellen nicht lückenlos zusammenschließen, sondern durch Intercellularräume von einander getrennt sind (Füllzellen, Fig. 75 *l*). Die Lenticellen sind am leichtesten wahrzunehmen an einjährigen Zweigen, wo sie im Sommer in Gestalt bräunlicher oder weißlicher Flecke an den Stellen auftreten, an welchen sich in der Epidermis Spaltöffnungen befanden.

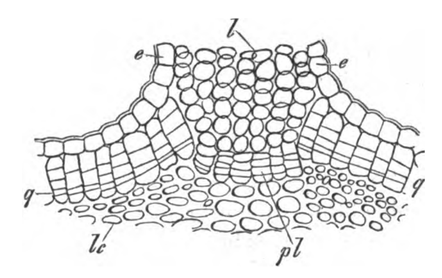


Fig. 75. Lenticelle auf einem Zweigquerschnitt von Sambucus (300); *e* Epidermis, *g* Phellogen, *l* die Füllzellen, *pl* das Phellogen der Lenticelle, *lc* chlorophyllhaltiges Rindenparenchym.

Von hier aus beginnt auch die allgemeine Korkbildung. An manchen Bäumen (z. B. Birke) werden die Lenticellen durch das Dickenwachstum in die Breite gezogen. Wo die Korkschicht sehr mächtig ist (Korkeiche), bilden die Lenticellen tiefe, mit Zellenmassen erfüllte Kanäle.

5. Dem Kork gleicht entwickelungsgeschichtlich das Aërenchym, welches an älteren Wurzeln und Stengeln im Wasser oder Schlamm steckender Pflanzenorgane (Lythraceae, Onagraceae u. s. w.) sich bildet. Hier entsteht aus dem Phellogen (kein Korkgewebe, sondern) ein Gewebe zartwandiger unverkorkter, saftführender Zellen, welche zwischen sich große Intercellularräume lassen. Das Aërenchym sprengt die über ihm liegenden Gewebe ab und bedeckt als schwammige, schneeweiße, oft sehr dicke Hülle die betreffenden Pflanzenteile.

6. Die Luftwurzeln vieler tropischen Orchidaceen und Araceen besitzen ein eigentümliches Hautgewebe, Velamen oder Wurzelhülle, welches zur Aufsaugung verdichteten Wasserdampfes aus der Luft dient. Sie sind

bekleidet mit einem glänzend weißen, schwammigen Überzug, aus luftführenden Zellen bestehend, welche durch perikline Teilungen aus dem Dermatogen hervorgehen. Die Membranen sind mit spiraligen Verdickungsleisten versehen und durch offene Poren durchlöchert. — Ein ähnliches Hautgewebe besitzen auch die Stengel der Torfmoose (Fig. 76).

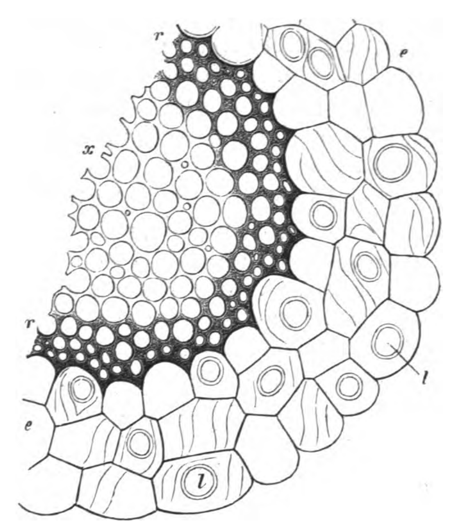


Fig. 76. Querschnitt durch den Stengel von Sphagnum cymbifolium; *e* das Hautgewebe, dessen Zellen durch die Löcher *l* mit einander in Verbindung stehen; 900mal vergr. (Nach *Sachs*.)

7. Durch Verwundung veranlasste Gewebebildungen. Die meisten Pflanzenteile besitzen die Fähigkeit, durch Verwundung bloßgelegte Gewebeschichten gegen die äußere Umgebung abzuschließen durch Wundkork, d. h. durch Bildung einer Korkschicht aus den äußersten unverletzt gebliebenen, wachstumsfähigen Zellen. Man kann dies leicht wahrnehmen an verletzten Früchten, Blättern, krautigen Stengeln, an denen die mit Kork bedeckten Wunden eine graubraune Färbung zeigen. An Kartoffelknollen lässt sich der Vorgang sehr leicht beobachten, indem jedes Stück eines lebenden Gewebes derselben, das nun vor zu raschem Austrocknen geschützt werden muss, sich an seiner ganzen Oberfläche mit einer der normalen Kartoffelschale gleich gebauten Korkschicht überzieht. — Pflanzen mit stark entwickeltem Holzkörper bilden, besonders wenn durch die Verwundung das Cambium (S. 71) bloßgelegt oder verletzt wurde, nicht sofort Wundkork, sondern alle an die Wunde grenzenden, lebensfähigen Zellen wachsen zu einem gleichartigen parenchymatischen Gewebe aus, dem Callus. Ist die Wunde klein, so kommen die von verschiedenen Seiten hervorwachsenden Calluszellen bald in Berührung und schließen zu einer einzigen Gewebemasse zusammen, die nun an ihrer Außenfläche Kork, im Anschlusse an das alte Cambium aber eine neue, die Lücke ausfüllende Cambiumschicht erzeugt. Ist die Wunde dagegen groß, so bildet sich Kork und neues Cambium in dem Callus jedes Wundrandes und der vollständige Schluss erfolgt erst nach wiederholtem Aufreißen der einander entgegenwachsenden Calluswülste. Das durch die Verwundung bloßgelegte Holz, das sich unter dem Einfluss der Luft meist dunkel färbt, verwächst natürlich nicht mit dem aus dem neuen Cambium des Callus sich bildenden Holze; daher sind z. B. Inschriften, die in die Rinde (bis zum Holz) eingeschnitten wurden, im Holze später, von der entsprechenden Anzahl von Jahresringen bedeckt, leicht aufzufinden. Ähnlich erklärt sich das Überwallen abgeschnittener Zweige, wo der Wulst anfangs ringförmig aus dem

Querschnitt des Cambiums hervortritt (Fig. 77 *A*) und später kappenförmig über dem alten Holzkörper zusammenschließt (Fig. 77 *B*). Fremde Gegenstände, Pfähle, Steine, Stämme anderer Art können in das Holz des Baumes eingeschlossen, von diesem umwachsen werden, indem die durch den Druck des wachsenden Holzkörpers an den fremden Gegenstand gepresste Rinde an dessen Seiten aufreißt, und der hervorwachsende Callus um den Gegenstand herumwachsend sich schließt und neues Cambium erzeugt.

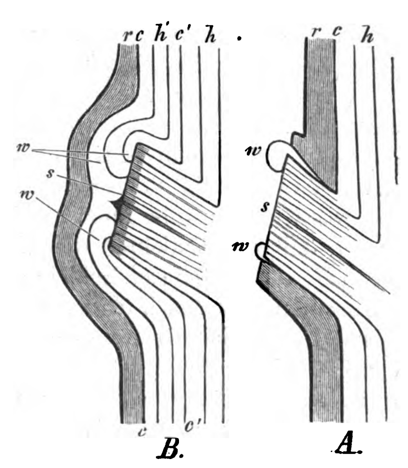


Fig. 77. Schematische Längsschnitte durch den Stamm einer Holzpflanze, *A* kurze Zeit nach Abschneiden des Seitenzweiges *s*, *B* nach Vollendung der Überwallung; *r* Rinde, *c* Cambium, *h* Holz; *c'* Stelle, an der sich zur Zeit der Verwundung das Cambium befand, *h'* das seit jener Zeit gebildete Holz, *w* der Überwallungswulst.

Stämme der gleichen Pflanzenart verwachsen bei gegenseitiger Berührung miteinander, indem der aus den beiderseitigen Rindenrissen hervorwachsende Callus verschmilzt und ein gemeinsames Cambium bildet. Hierauf beruhen auch die verschiedenen Arten der Veredelung, wobei Zweige oder mit Knospen versehene Rindenstücke einer Abart oder nahe verwandten Art mit ihrem Cambium in Berührung mit dem Cambium eines als Unterlage dienenden Stammes gebracht und so zur Verwachsung veranlasst werden.

8. Anhangsweise seien hier auch diejenigen Gewebebildungen erwähnt, welche mit dem spontanen Ablösen einzelner Pflanzenteile, so der Blätter der Holzpflanzen, im Herbste verbunden sind. Es bildet sich hier einige Zeit vor dem Abfallen an einer bestimmt vorgebildeten Stelle eine Trennungsschicht, deren Zellen in einer geraden Fläche sich durch Spaltung der gemeinsamen Wand unverletzt voneinander lösen. Erst nachträglich bildet sich unter der Trennungsschicht am stehenbleibenden Teile eine Korkschicht, welche sich an die übrige Periderm-Umhüllung der Zweige anschließt. Auf dieselbe Weise werfen manche Pflanzen, so die Kiefern, die beblätterten Kurztriebe ab, manche Bäume (Eichen, Pappeln) einzelne Zweige.

§ 34. **Das Grundgewebe.** Die gewöhnliche Form des Grundgewebes ist ein dünnwandiges, aus lebenden Zellen bestehendes Parenchym mit Intercellularräumen. Wo die Gefäßbündel in einem Pflanzenorgan kreisförmig angeordnet sind, wird durch den Gefäßbündelkreis das Grundgewebe in eine zentrale Partie, das Mark, und in eine peripherische, den Gefäßbündelring mantelförmig umgebende Zone, das Rindenparenchym oder die primäre Rinde, gesondert. Die parenchymatischen Verbindungen zwischen Mark und Rindenparenchym zwischen den einzelnen Gefäßbündeln heißen Markstrahlen (vergl. Fig. 69). Im Rindengewebe und Mark sind die Zellen des Grundgewebes oft etwas longitudinal gestreckt und zu Längsreihen angeordnet, gemäß ihrer Funktion der Stoffleitung; dieselben Zellen können aber in der Ruhezeit zur vorübergehenden Aufbewahrung der Assi-

milationsprodukte (Stärke § 23) dienen. Solche Speichergewebe (Kartoffelknolle, Kotyledonen u. s. w.) führen in ihren Zellen also zeitweise in größerer Menge assimilierte Produkte (Stärke, Inulin, Zucker u. s. w.). Zum Grundgewebe gehört auch das Wassergewebe, dessen Zellen mit reichlicher wässeriger Flüssigkeit oder einem dünnen Schleime gefüllt sind und ein Wasserreservoir (Aloe) bilden. Manche Komplexe des Grundgewebes sterben im Verlaufe der Ausbildung des betreffenden Pflanzenteils ab, ohne gerade in eine besondere Gewebeform überzugehen, so das Mark der Holzpflanzen vollständig (Sambucus) oder teilweise.

Das Grundgewebe führt häufig Chlorophyll. Jüngere Zweige enthalten in den äußeren Schichten des Rindenparenchyms Chlorophyllkörner, wogegen sie in den tieferen Schichten verschwinden. Stets chlorophyllführend und seinem Bau nach der Funktion des Chlorophylls angepasst ist das Mesophyll, das Grundgewebe der Laubblätter. Die Anordnung und der Bau dieses Mesophylls ist entweder zentrisch (isolateral) oder bifacial; in letzterem Falle tritt eine Verschiedenheit im Bau der beiden Blattflächen hervor, derart, dass die der Oberseite angehörigen Zellen sich zu sog. Palissadenparenchym ausbilden, jene der Unterseite zu Schwammparenchym. Ersteres besteht aus senkrecht zur Oberfläche gestreckten Zellen mit nur schmalen Intercellularräumen (Fig. 79 *pa*). Im Schwammparenchym dagegen (Fig. 79 *sp*) sind die Zellen von höchst un-

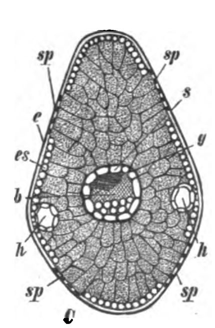


Fig. 78. Querschnitt durch die Fichtennadel mit centrischem Bau, *e* Epidermis; *sp* Spaltöffnungen; *h* Harzgänge; *b* Gefäßbündel.

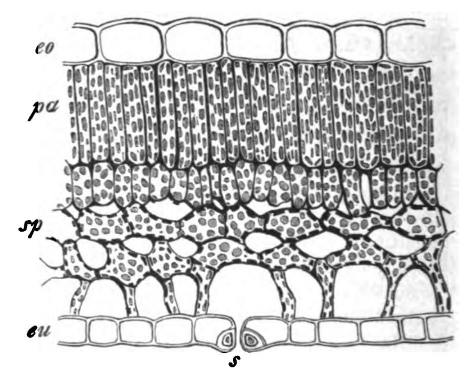


Fig. 79. Querschnitt durch ein Stück des Buchenblattes (350). *eo* Epidermis der Oberseite, *eu* Epidermis der Unterseite, *S* Spaltöffnung; *pa* Palissadenparenchym; *sp* Schwammparenchym.

regelmäßiger Gestalt, häufig in der Richtung gegen die Fibrovasalstränge zu gestreckt, und durch weite Intercellularräume voneinander getrennt. Es ist einleuchtend, dass durch letzteren Umstand auch für das bloße Auge die Oberseite ein dunkleres Aussehen erhält, als die hellere matte Unterseite. Unter Oberseite ist hier im allgemeinen die dem Lichte zugewendete Fläche zu verstehen, welche weitaus am häufigsten auch der morphologischen Oberseite entspricht; einige Blätter jedoch (Allium ursinum, Alstroemeria) drehen sich während ihrer Entwickelung, so dass die morphologische Oberseite sich so ausbildet, wie sonst die Unterseite, und umgekehrt. Bei zen-

trischer Anordnung dagegen (Fig. 78), welche besonders bei radiärer Gestalt des Blattes, aber auch nicht selten bei flacher Gestalt (Cassia) vorkommt, breitet sich das Palissadenparenchym rings um den ganzen Querschnitt aus, während der zentrale Teil entweder von einem allmählich lockerer werdenden Gewebe (manche Palmen, Gräser, Crassula) oder von einem besonderen chlorophyllfreien Gewebe eingenommen wird (Aloe, manche Gräser u. a.).

Bei den Niederblättern (Zwiebelschuppen z. B.) und vielen Hochblättern tritt eine Differenzierung des Mesophylls überhaupt nicht ein (homogen gebaute Blätter).

Außer zu den oben genannten Funktionen werden nicht selten gewisse Zellen oder Schichten des Grundgewebes auch noch zu anderen physiologischen Leistungen herangezogen, so zur Verstärkung des Hautgewebes (§ 33,1), zu mechanischen Aufgaben (§ 37), zur Bildung von Sekretionsorganen (§ 38). Endodermis s. § 35.

§ 35. Das **Gefässbündelsystem** (Leitungssystem) durchzieht das Gewebe der höheren Pflanzen in Form von fadenförmigen, strangartigen Gewebekörpern, welche Fibrovasalstränge, Leitbündel oder Gefäßbündel genannt werden. Wenn deren Elemente, wie das gewöhnlich der Fall ist, verholzt und fester sind als die des Grundgewebes oder von festeren Gewebselementen begleitet werden, so lassen sie sich aus diesen leicht isolieren; zerreißt man z. B. den Blattstiel von Plantago major, so hängen sie als ziemlich dicke Fäden aus dem Grundgewebe heraus; auch durch Verwesung des letzteren werden sie freigelegt; sie bilden z. B. das Adernetz der Blätter, welches bei deren Fäulnis als Skelet längere Zeit erhalten bleibt. Bei vielen Wasserpflanzen ist aber das Gewebe der Gefäßbündel noch weicher als das ihrer Umgebung. In vielen Fällen stehen die Gefäßbündel so dicht gedrängt und entwickeln sich durch Fortbildung ihrer Gewebe derart, dass sie mächtige Massen darstellen, in denen vom Grundgewebe nur sehr wenig übrig geblieben ist. Eine solche Masse ist das Holz der Bäume.

Den niedriger organisierten Pflanzen (Thallophyten und Muscineen) fehlt ein eigentliches Gefäßbündelsystem; doch macht sich schon in den Zellkörpern vieler Algen und Moose das Bestreben der inneren Zellen geltend, eine verlängerte Gestalt anzunehmen; bei vielen Moosen (Stengel, Blattnerv und Fruchtstiel der meisten Laubmoose) finden wir schon Komplexe langgezogener Zellen mit einem vom übrigen Gewebe abweichenden Inhalt vor; diese Bildungen können aber noch nicht als wahre Gefäßbündel bezeichnet werden, da ihnen die typischen Elemente des Gefäßbündels fehlen.

Die Anordnung und der Verlauf der Gefäßbündel stehen in enger Beziehung zum morphologischen Aufbau der Pflanze und zur Ausbildung der Glieder. In den meisten Blättern verlaufen die Gefäßbündel im Innern jener schon äußerlich hervortretenden Gewebestreifen, die wir als Nerven kennen gelernt haben; ist das Blatt, wie gewöhnlich, flach ausgebreitet, so liegen sie auch häufig innerhalb einer Fläche. Im Blattstiel und Stamm, wie überhaupt in Organen, welche vorzugsweise in der Längsrichtung entwickelt sind, verlaufen sie im allgemeinen der Länge nach; ein Querschnitt

durch einen Stengel oder Blattstiel (Fig. 69) zeigt daher zugleich die Querschnitte der darin verlaufenden Stränge. Die Gefäßbündel der Blätter und des Stengels hängen aufs innigste untereinander zusammen, derart, dass schon bei der Entstehung des Blattes am Stammscheitel jeder Strang mit seinem oberen Teile in das Blatt ausbiegt, mit seinem unteren Teile dagegen im Stengel hinabsteigt, um sich an andere ältere Stränge anzuschließen. In gewissem Sinne sind also die in einem Stengel verlaufenden Stränge nur die Fußstücke der von den Blättern herabkommenden Stränge; sie heißen **Blattspurstränge.** Der Verlauf dieser Stränge im Stengel ist aber sehr mannigfaltig; im allgemeinen lassen sich drei Typen unterscheiden, die freilich durch Übergänge verbunden sind, und welchen sich noch einige abnorme, hier unberücksichtigt bleibende Fälle anschließen.

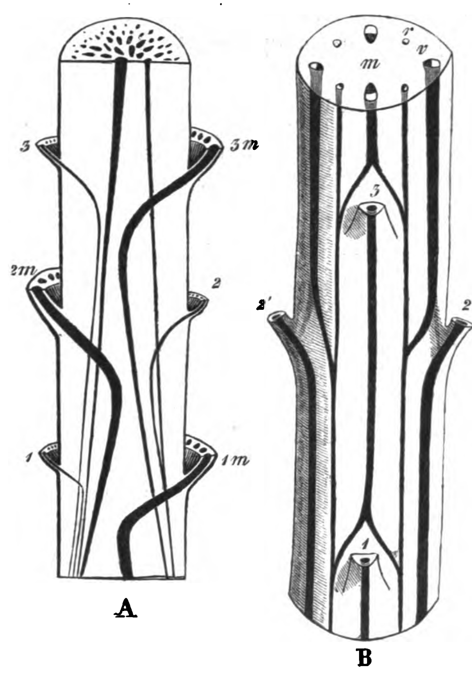


Fig. 80. Schematische Darstellung des Strangverlaufes (in Stämmen: *A* axiler Längsschnitt mit halbem Querschnitt eines Palmenstammes, die zweizeilig gedachten (über der Basis abgeschnittenen) Blätter sind umfassend, daher gegenüber ihrer Mediane (*m*) noch einmal getroffen. *B* Außenansicht (mit durchsichtig gedachter Rinde) und Querschnitt eines Stengels von Cerastium; die decussiert gestellten Blätter sind abgeschnitten. Der aus jedem Blatt kommende Strang gabelt sich über dem gerade darunter stehenden Blatt; die Gabelzweige aller Stränge vereinigen sich zu den vier schwächeren Strängen, die auf dem Querschnitt mit den vier stärkeren alternieren. Auf dem Querschnitt bedeutet *m* Mark, *r* Rinde, *v* Markstrahl; das Xylem der Stränge ist hier dunkel gezeichnet.

1. Die Blattspurstränge vereinigen sich alle zu einem einzigen, in der Achse des Stengels verlaufenden Strang (seltener, nur bei einigen Wasserpflanzen und wenigen Pteridophyten vorkommender Fall).

2. Die aus jedem Blatt in größerer Anzahl nebeneinander eintretenden Stränge nähern sich zuerst der Stengelmitte und biegen sich von hier wieder nach außen, um unter allmählicher Verdünnung nach abwärts zu verlaufen und erst sehr tief unten sich teilweise zu vereinigen (Fig. 80 *A*). Auf dem Querschnitt eines solchen Stengels erscheinen die Stränge regellos zerstreut, die der Mitte näheren sind von größeren Dimensionen (vorherrschend bei den Monokotyledonen).

3. Die von jedem Blatt in geringer Anzahl kommenden Stränge biegen bald nach ihrem Eintritte in den Stengel nach abwärts und verlaufen nun alle einander parallel und in annähernd gleicher Entfernung von der Achse durch den Stengel, indem sie besonders in den Knoten sich verzweigen und

anastomosieren (Fig. 80 *B*). Der Querschnitt eines solchen Stengels zeigt die Stränge alle in einen dem Umfang annähernd parallelen Kreis gestellt, der das Grundgewebe in zwei Teile scheidet, das Mark und die primäre Rinde. Diese Anordnung kommt vorzugsweise den Dikotyledonen und Gymnospermen zu. — Diesem Typus ordnet sich auch die bei den meisten Farnen herrschende Anordnung unter, wo ebenfalls durch das Gefäßbündelsystem Mark und Rinde voneinander geschieden werden; es geschieht dies bei einzelnen Formen durch eine Gefäßbündelröhre, aus welcher die in die Blätter ausbiegenden Stränge austreten, bei den meisten durch ein Netzwerk von kürzeren oder längeren Maschen, von deren Grund oder Seiten aus die Blattstränge entspringen.

Die Bezeichnungen Mark und Rinde können mit gewissen Beschränkungen auch in den unter 1. und 2. geschilderten Fällen angewendet werden; so wird das Grundgewebe, welches den axilen Strang umgiebt, Rinde genannt, ebenso kann man in vielen, dem zweiten Typus angehörenden Fällen eine äußere, von längsverlaufenden Strängen freie Partie des Grundgewebes als Rinde, eine ebensolche zentrale als Mark bezeichnen.

Bei verhältnismäßig wenigen Pflanzen kommen auch stammeigene Stränge vor, d. h. solche, welche nicht als die unmittelbare Fortsetzung der von den Blättern kommenden betrachtet werden können.

In den Wurzeln verläuft (mit ganz wenigen Ausnahmen) ein einziges axiles Gefäßbündel.

Anfangs besteht jedes Gefäßbündel aus gleichartigen, zartwandigen, protoplasmareichen Zellen, die als Meristem aufzufassen sind; in diesem Zustand heißt das später zum Gefäßbündel werdende Gewebe Procambium. Bei zunehmendem Alter gehen die einzelnen Zellen dieses Gewebes allmählich in den Dauerzustand über, und dies setzt sich entweder so lange fort, bis sämtliche Zellen zu Dauerzellen geworden sind, oder aber es bleibt eine bestimmte Schicht des Stranges meristematisch, also in fortbildungsfähigem Zustande. Diese Schicht ist das Cambium. Gefäßbündel, welche ein Cambium enthalten (Dikotyledonen, Gymnospermen), heißen offene (Fig. 81), solche ohne Cambium hingegen (Monokotyledonen, Pteridophyten), geschlossene Gefäßbündel (Fig. 84).

Die verschiedenen Formen des Dauergewebes in einem entwickelten Gefäßbündel zerfallen ihrer Funktion und Ausbildung nach naturgemäß in zwei Gruppen, 1. das Xylem, Hadrom oder Holzteil und 2. das Phloem, Leptom oder Siebteil. Zwischen beiden liegt in den offenen Gefäßbündeln das Cambium als eine schmale Zone zartwandiger, reihenförmig angeordneter Zellen (Fig. 81 C).

Der Xylemteil setzt sich vorzugsweise aus folgenden Elementen zusammen: 1. den Tracheen, 2. den Holz- oder Libriformfasern und 3. dem Holzparenchym. Der Phloemteil besteht 1. aus Siebröhren, 2. Cambiformzellen, 3. Phloemparenchym. Die Gesamtheit dieser durch zarte, dünne Membranen und Saftreichtum ausgezeichneten Zellen bildet den Weichbast, während die im Phloem oft, aber nicht immer, auftretenden mechanischen Zellen, die Bastfasern als Hartbast oder

Bast schlechthin bezeichnet wurden. Wie im Weiteren gezeigt werden soll, liegt die hauptsächlichste Funktion des Xylems in der Leitung des Wassers, die des Phloems in der Leitung der Eiweißstoffe.

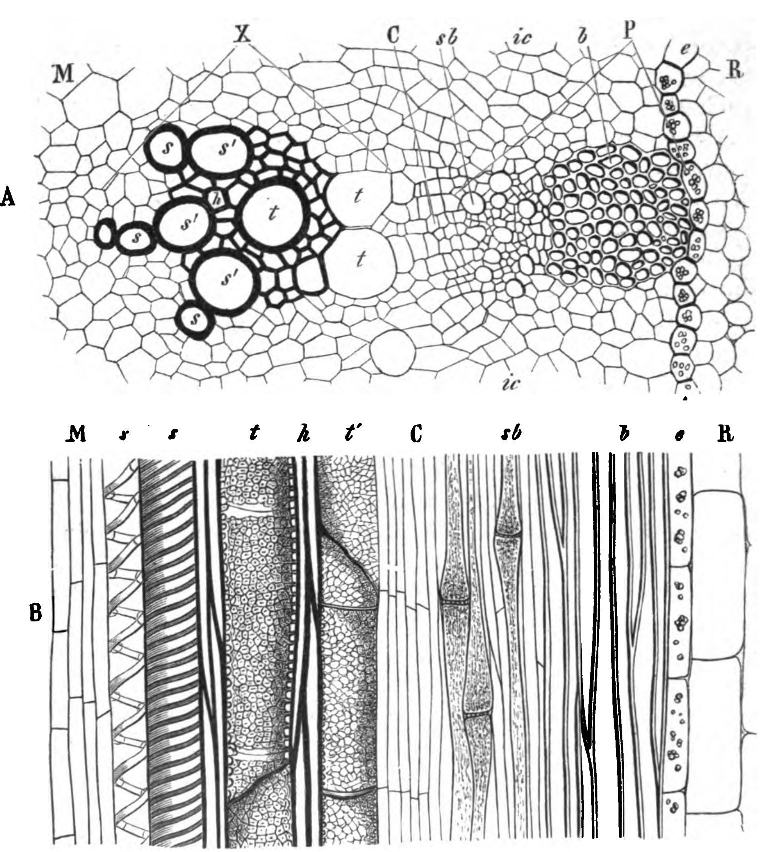


Fig. 81. *A* Querschnitt durch ein offenes Gefäßbündel im Stengel der Sonnenblume; *M* Mark, *X* Xylem, *C* Cambium, *P* Phloem, *R* primäre Rinde; *s* enge, *s'* weitere Spiralgefäße, *t* getüpfeltes Gefäß, *t'* ebensolche, noch in der Ausbildung begriffen, *h* Libriformfasern, *sb* Siebröhren, *b* Bastfasern; *ic* Interfascicularcambium. *B* radialer Längsschnitt durch einen ganz ähnlichen Strang (etwas schematisiert). Bezeichnung wie oben (150).

Die Tracheen führen nur Wasser oder Luft als Inhalt; ihre Wandung ist stark verholzt und entweder mit nach innen vorspringenden Verdickungen oder mit Hoftüpfeln versehen. Zu dieser Gewebeform gehören zwei durch Übergänge mit einander verbundene Typen:

a) die Tracheiden, d. h. allseitig geschlossene Fasern (s. Fig. 82 *A*, *B*);

b) die Gefäße, nämlich gegliederte Röhren; deren einzelne Glieder treten entweder durch vollständige Auflösung der Querwände (Fig. 82 *C*, *a*) miteinander in offene Verbindung oder die Querwände werden durch Auflösung einzelner dünner Wandstellen durchbrochen; ersterer Fall tritt gewöhnlich bei nahezu quer gestellten Wänden ein, letzterer an solchen Querwänden, welche von Anfang an schräg gestellt sind.

Beiderlei Formen, sowohl die Tracheiden, als Gefäße, werden nach der Art der Wandverdickung unterschieden als: Ring-, Spiral-, Netz- und getüpfelte Tracheen (§ 26). Ring- und Spiralgefäße sind die ersten Tracheen, welche im jungen Gefäßbündel entstehen; so lange der junge Pflanzenteil sich stark verlängert, werden auch immer nur diese beiden Formen gebildet; dann folgen Netz- und Treppengefäße und zuletzt die getüpfelten Tracheen. Im Holze der Bäume bilden Tüpfelgefäße vielfach die alleinige spätere Gefäßform.

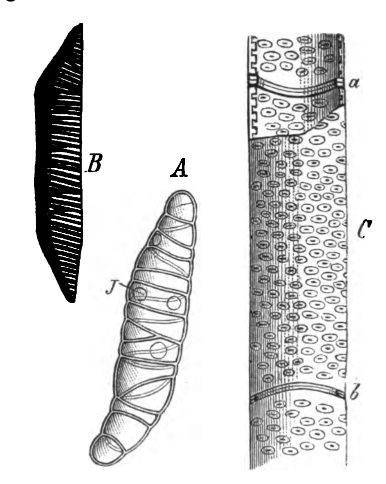


Fig. 82. Tracheen. *A* Tracheide aus dem Blatt von Sphagnum, *J* die Löcher in der Außenwandung. *B* Tracheide aus dem Blatt von Polypodium vulgare. *C* Stück eines gehöftgetüpfelten Gefässes aus dem Stamm von Helianthus, oben durch den Schnitt geöffnet. *a* und *b* die Reste der aufgelösten Querwände (300 mal vergr.).

Wenn Tracheen mit getüpfelter Wandung an Zellen mit lebendem Protoplasma angrenzen, so kommt es nicht selten vor, dass die dünnen Wandstellen der Tüpfel ein nachträgliches Wachstum erfahren, und die Nachbarzelle in den Raum der Trachee hineinwächst; es können dann weitere Teilungen in dieser hineingewachsenen Zelle eintreten und sogar ein Zellengewebe entstehen, welches den Hohlraum der Trachee vollständig ausfüllt; diese Wucherungen, welche in manchen Hölzern (z. B. von Robinia) konstant, in anderen gelegentlich vorkommen, heißen Thyllen, Füllzellen.

Neben der Wasserleitung dienen die Tracheen offenbar auch der Festigung des Stammes. Diese letztere Aufgabe ist aber die alleinige Funktion der Holz- oder Libriformfasern, deren Auftreten auf das Xylem der Holzgewächse beschränkt ist. Es sind lang gestreckte, stark verdickte, verholzte, sich spitz zukeilende, lufterfüllte Zellen, oft von beträchtlicher Länge, mit links schiefen, niemals behöften Tüpfeln. Von den Bastfasern sind sie oft kaum unterschieden.

Das Holzparenchym besteht meist aus axil gestreckten, verholzten oder unverholzten Zellen mit protoplasmatischem Inhalt und einfachen Tüpfeln. Wo dasselbe eine mächtige Entwicklung erfährt, wie in den Wurzeln der Möhre oder der Rübe, liegen die Gefäße eingebettet in dieser parenchymatischen Masse. Während des Winters führt das Holzparenchym Stärke.

Die Siebröhren (Fig. 83) bestehen ebenfalls aus der Länge nach aneinandergereihten Gliedern, welche in offener Verbindung miteinander stehen. Diese Verbindung findet statt an den Siebplatten, welche einzeln oder mehrere nebeneinander die Querwände einnehmen (Fig. 83 *pl*). Jede Siebplatte ist eine von zahlreichen dichtgenäherten offenen Tüpfeln durchbohrte Wandstelle, welche dünner ist als die angrenzenden, auf dem Durchschnitt als Knoten erscheinenden Partien der Querwand. Die an die

Siebröhrenglieder, sowie an die Tüpfel grenzenden Wandflächen der Siebplatte bestehen aus veränderter, sog. Callus-Substanz (Fig. 83 *B*, *C*, *c*), welche wenigstens bei manchen Pflanzen zeitweise die Tüpfel verschließt. An den Längswänden kommen ähnliche Wandpartien, sog. Siebfelder vor. Die übrige Wand ist ziemlich dünn, unverholzt. Die Inhalt der Siebröhrenglieder ist ein zäher Schleim (Fig. 83 *A sl*), umschlossen von einer protoplasmatischen Hülle (Fig. 83 *A*, *h*), welcher Stärkekörner (Fig. 83 *A*, *st*) angelagert sind. Die Siebröhren sind mit den Tracheen die wichtigsten Bestandteile des Gefäßbündels.

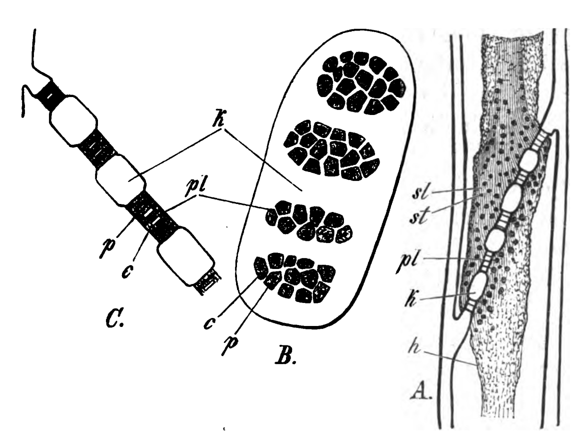


Fig. 83. Siebröhrenstücke aus dem Phloem der Weinrebe, *A* ganze Querwand mit den angrenzenden Partien (300 mal vergr.), *pl* die Siebplatten, *k* die Knoten, *h* protoplasmatische Hülle, *sl* Schleim, *st* Stärkekörnchen. *B* Stück einer Querwand von der Fläche, *C* im Durchschnitt (700 mal vergr.), *p* Tüpfel, *c* Callussubstanz.

Den Siebröhren sind auch die langgezogenen, nicht selten prosenchymatischen Zellen zuzurechnen, welche die Siebröhren unmittelbar begleiten und daher Geleitzellen genannt werden; sie entstehen vielfach mit je einer Siebröhre aus einer gemeinschaftlichen Mutterzelle.

Die Cambiformzellen sind langgestreckte, dünnwandige, unverholzte, nicht getüpfelte, Protoplasma führende Zellen, welche von dem Phloemparenchym nicht immer scharf unterschieden werden können.

Dem Libriform des Xylems entsprechen die Bastfasern, welche nur als mechanisches Gewebe funktionieren; sie enthalten Luft, sind lang gestreckte, sehr dickwandige, häufig stark verholzte Zellen, die sich mit pfriemlichen Enden zwischen einander einkeilen. Nicht alle Gefäßbündel enthalten Bastfasern; in den geschlossenen Gefäßbündeln der Monokotyledonen bilden sie häufig geschlossene Scheiden um das Bündel (Fig. 84), bei den Dikotyledonen sind sie als Belege dem Phloem nach außen vorgelagert.

Die Anordnung der einzelnen Zellformen im Holz- und Phloemteil, sowie die gegenseitige Lage dieser Partien ist sehr verschieden; man unterscheidet hiernach folgende durch Übergänge verbundene Typen:

1. Kollaterale Stränge; hier liegen innerhalb des Stranges Xylem und Phloem radial hintereinander derart, dass in Stämmen (ebenso aber auch in cylindrischen Blättern und vielen Blattstielen mit gleichmäßig um ein Zentrum geordneten Strängen) das Xylem der Achse, das Phloem der Peripherie zugewendet ist (s. Fig. 81, 84); da nun in der Regel die Stränge ohne weitere Drehungen in die flachen Blätter austreten, so liegt in solchen das Phloem der einzelnen Stränge der Unterseite, das Xylem der Oberseite

zugewendet. Es gilt dies sowohl für kreisförmig angeordnete, als für zerstreute Stränge, für offene wie geschlossene, doch nicht ohne alle Ausnahmen. — Das Cambium der offenen Stränge liegt, wie schon oben erwähnt, in der Mitte zwischen Xylem und Phloem, diese beiden Partien voneinander scheidend.

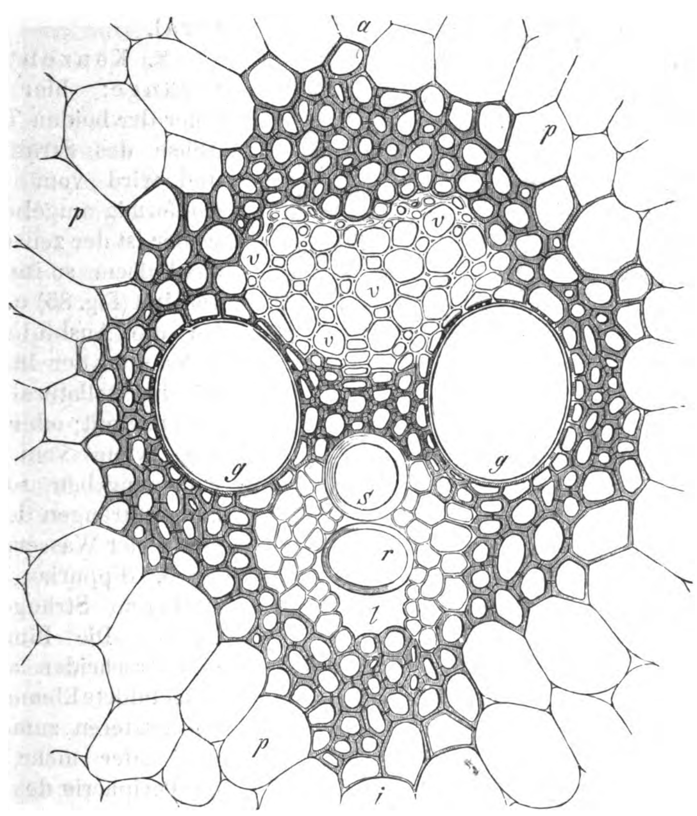


Fig. 84. Querschnitt eines geschlossenen Gefäßbündels im Stamm von Zea Mais (550); *a* Außenseite, *i* Innenseite bezüglich der Stammachse; *p* Grundgewebe, *g g* zwei große getüpfelte Gefäße, *s* Spiralgefäß, *r* Ring eines Ringgefäßes, *l* lufthaltige Lücke durch Zerreißen entstanden, umgeben von dünnwandigen Zellen. Zwischen den beiden Gefäßen *g* liegen kleinere, netzartig verdickte und gehöft getüpfelte Gefäße. Diese Zellformen bilden das Xylem; im Phloëm liegen die Siebröhren (*v*) durch größere Weite ausgezeichnet; die kleineren viereckigen Zellen dazwischen sind die Geleitzellen; der ganze Strang ist umgeben von einer Bastfaserscheide. (Nach *Sachs*.)

Innerhalb des Xylems liegen im Stamme stets (mit wenigen Ausnahmen) die Ring- und Spiral-Tracheen an der dem Phloem abgewendeten Seite des Stranges; darauf folgen näher dem Phloem Netz- und getüpfelte Tracheen, welche stets den größten Querdurchmesser unter allen Elementen des Xylems besitzen. Die Gruppierung dieser Tracheen unter sich und mit den Libriformfasern und Parenchymzellen ist außerordentlich mannigfaltig. Bei vielen Monokotyledonen und Equisetaceen bildet sich unter Zerreißung der ältesten (primären) Tracheen ein Intercellulargang (Fig. 84 *l*).

Bei einigen Pflanzen (z. B. Cucurbitaceen, Solanaceen, vielen Myrtaceen, Apocynaceen u. s. w.) liegt dem normalen Phloem auf der entgegengesetzten Seite des Xylems ein zweiter Phloemstrang gegenüber; solche Stränge heißen **bikollateral**.

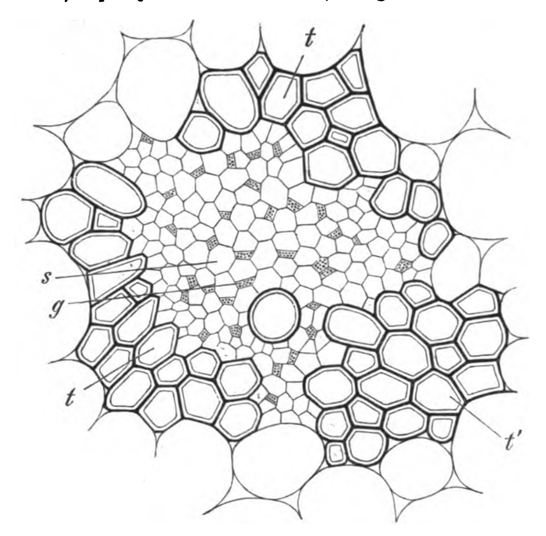


Fig. 85. Querschnitt durch ein konzentrisches Gefäßbündel im Rhizom von Iris (350); *t* Tracheen; *t'* Erstlingstracheen; *s* Siebröhren; *g* Geleitzellen.

2. **Konzentrische Stränge**; hier nimmt einer der beiden Teile die Achse des Stranges ein und wird vom anderen ringförmig umgeben; entweder ist der zentrale Teil das Phloem, so im Rhizom von Iris (Fig. 85) u. a., wobei die Ausbildung des Xylems an der Innenseite wie bei kollateralen Bündeln beginnt; oder es wird das Xylem vom Phloem rings umgeben, so in den axilen Strängen des Stammes vieler Wasserpflanzen (z. B. Hippuris), in den stärkeren Strängen der Farne. Die Ring- und Spiraltracheiden als erstausgebildete Elemente sind bei letzteren zumeist auf zwei oder mehr Punkte der Peripherie des Xylems verteilt.

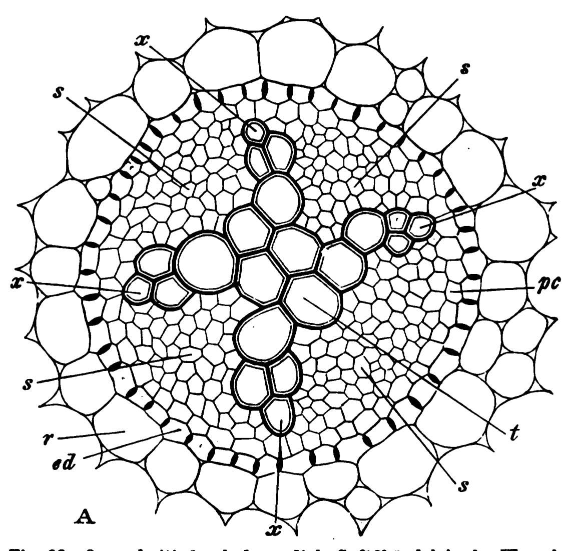


Fig. 86. Querschnitt durch das radiale Gefäßbündel in der Wurzel von Ranunculus repens (300); *x* die 4 Xylembündel; *t* die innersten jüngsten Tracheen; *s* die 4 Phloembündel; *pc* Pericambium; *ed* Endodermis.

3. **Radiale Stränge**. In diesen bildet das Xylem zwei oder mehr radial von der Strangmitte ausstrahlende Bündel, zwischen welchen alternierend ebensoviel Phloembündel liegen; der übrige Raum wird von parenchymatischem Zellengewebe, dem Verbindungsgewebe, eingenommen. Die Ausbildung des Stranggewebes geht hier von den peripherischen Enden jener Xylembündel aus, wo sich wie auch sonst Ring- und

Spiraltracheen befinden; nach der Anzahl dieser Anfangspunkte, beziehungsweise Bündel unterscheidet man dann di-, tri-, tetra- (Fig. 86), polyarche (Fig. 87) Stränge. Die späteren getüpfelten Tracheen können in der Mitte des Bündels aufeinandertreffen (Fig. 86) oder nicht; im letzteren Falle (Fig. 87) wird die Mitte des Gefäßbündels von Verbindungsgewebe (Fig. 87 *v'*) eingenommen, welches an das von den einzelnen Bündeln umschlossene Mark in den Stämmen erinnert, hier aber zum axilen Gefäßbündel selbst gehört. Zuweilen ist das zwischen den Xylem- und Phloembündeln liegende Verbindungsgewebe verholzt (Fig. 87 *v*). Solche radiale Stränge kommen den Stämmen der Lycopodiaceen und fast allen Wurzeln zu. In den letzteren ist die Anzahl der Xylembündel bei den Dikotyledonen gering, meist 2, 3, 4, selten 5 bis 8, bei den Monokotyledonen oft sehr groß. Die äußerste Schicht des Wurzelstranges wird Pericambium (Fig. 86 *pc*) genannt und bleibt sehr lange in meristematischem Zustande. In dem Pericambium entstehen die Anlagen der Seitenwurzeln und zwar fast immer gerade vor den Xylembündeln; es sind daher, abgesehen von den später auftretenden Adventivwurzeln, stets soviel Reihen von Seitenwurzeln an einer Wurzel vorhanden, als das Gefäßbündel Xylembündel enthält. Die Seitenwurzel muss bei ihrer Entstehung die Rinde der Mutterwurzel durchbrechen (s. oben Fig. 36); ihr Gefäßbündel schließt sich unmittelbar an das der Mutterwurzel an.

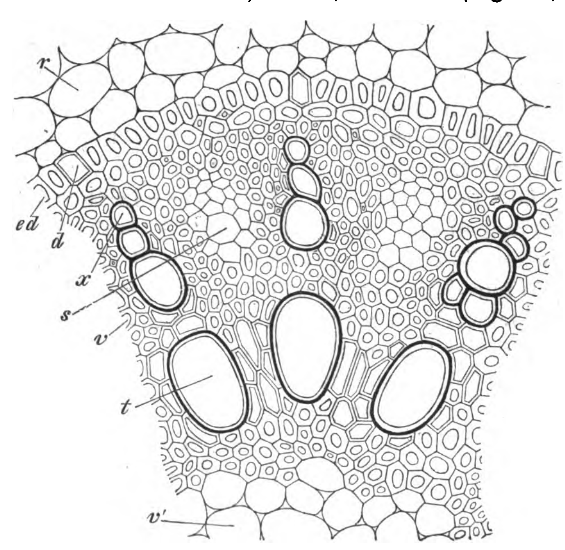


Fig. 87. Stück eines Querschnittes durch das radiale Gefäßbündel der Sarsaparill-Wurzel (Smilax spec.) (300); *x* die Erstlingstracheen, *t* die getüpfelten Tracheen; *s* Siebröhren; *v* das verholzte Verbindungsgewebe, *v'* das innere Verbindungsgewebe; *ed* Endodermis mit den Durchlasszellen *d*; *r* Rinde.

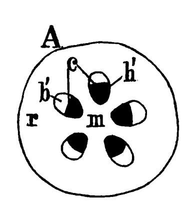
Das Grundgewebe wird gegen die Gefäßbündel sehr häufig abgegrenzt durch die Endodermis, Schutz- oder Gefäßbündelscheide. In den Wurzeln umgiebt sie stets das radiale Bündel (Fig. 86, 87 *e d*), in den Achsenorganen bald das einzelne Bündel (Aspidium Filix mas), oder sie grenzt, wie in den Zingiberaceen-Rhizomen, einen zentralen, von zahlreichen Gefäßbündeln durchzogenen Cylinder ab von einer peripherischen, gefäßbündelfreien oder von sparsamen Bündeln durchzogenen Partie. Die Zellen der Endodermis schließen lückenlos aneinander, sind an den tangentialen und den radialen Wänden kutikularisiert, zeigen infolge der durch die Präparation herbeigeführten Veränderungen an letzteren stets charakteristische Faltungen,

und werden weniger durchlässig für wässerige Lösungen. Doch wird deren Durchtritt nicht immer ganz verhindert, häufig nur beschränkt auf die dem Xylem entsprechenden Radien (s. z. B. Fig. 87 *ed*), wo die vor den Xylemgruppen liegenden (Durchlass-)Zellen (*d*) unverdickt, die übrigen verdickt sind. Neben der Funktion, die Stoffleitung in bestimmte Bahnen einzuengen, kommt der Endodermis noch mechanische Bedeutung zu.

Die gleichnamigen Gewebeformen des Gefäßbündelsystems stehen unter sich im ganzen Pflanzenkörper in Verbindung; nicht bloß die Gefäßbündel des Stammes setzen sich unmittelbar in jene der Blätter fort, auch die Xylembündel und Phloembündel der Pfahlwurzel schließen sich unmittelbar an die entsprechenden Teile der Gefäßbündel im Stamm an, was zum Teil nur durch verwickelte Spaltungen, Anastomosen und Drehungen der Bündel erreicht werden kann; ebenso schließen die Xylem- und Phloëmbündel der Seitenwurzeln an die gleichnamigen Gewebe der Mutterwurzel oder des Stammes an.

Die letzten Endigungen der Gefäßbündel in den Zähnen der Blätter und dergl. zeigen bisweilen einen bemerkenswerten Bau, indem die Tracheiden in dem verdickten Ende vermehrt sind und von einem eigentümlichen kleinzelligen zarten, farblosen, fast lückenlosen Parenchymgewebe, dem Epithem bedeckt werden. In den Blättern der Coniferen breitet sich das Gefäßbündel nach beiden Seiten in einem aus Tracheiden bestehenden Saum aus.

§ 36. **Das Dickenwachstum der Stämme und Wurzeln**, welches bei den Holzgewächsen auffallend in die Erscheinung tritt, aber auch vielen krautigen Gewächsen zukommt, wird bei den Nadelhölzern und den Dikotyledonen vermittelt durch die Fortbildung des Cambiums ihrer offenen Stränge. Diese sind auf dem Querschnitt des Stammes in einen Kreis geordnet (Fig. 88 *A*) und vergrößern sich selbst in Richtung des Stammradius dadurch, dass ihr Cambium sowohl dem Xylem als dem Phloem neue Gewebeelemente zufügt. Das zwischen den Gefäßbündeln liegende Gewebe der Markstrahlen vermag aber nur in den seltensten Fällen und nicht auf die Dauer dieser radialen Dehnung durch bloße Streckung seiner Zellen zu folgen; es bildet sich vielmehr fast stets in diesen Markverbindungen durch tangentiale Teilungen ebenfalls Cambium, welches sich an das der Fibrovasalstränge ansetzt. So bildet sich ein geschlossener Hohlcylinder, auf dem Querschnitt als Ring erscheinend, der Cambiumring (Fig. 88 *B*, *c*), welcher seinem Ursprunge nach aus zwei radial abwechselnden Partien besteht: dem



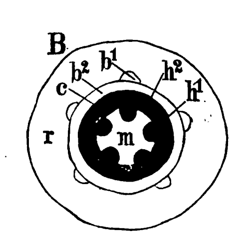


Fig. 88. Schematische Querschnitte eines Stammes mit Dickenwachstum. *A* in sehr jungem Zustande; es sind fünf einzelne Stränge vorhanden; *m* Mark, *r* Rinde, b^1 primärer Phloemkörper, h^1 primärer Holzkörper, *c* Cambium. *B* nach Beginn des Dickenwachstums; h^2 sekundärer Holzkörper, b^2 sekund. Phloem.

Fascicularcambium, d. h. dem Cambium der einzelnen Stränge, und dem Interfascicularcambium, d. h. dem aus den Markstrahlen nachträglich hervorgegangenen Cambium.

Diese beiden ihrer Entstehung nach verschiedenen Bestandteile des Cambiums verhalten sich fernerhin einander entweder gleich oder mehr oder weniger ungleich. Im einfachsten Falle 1) (z. B. Clematis, Aristolochia) bewirkt das Interfascicularcambium nur eine radiale Vermehrung der Parenchymzellen der Markstrahlen; oder aber 2) das zwischen je zwei Gefäßbündeln gelegene Interfascicularcambium bildet an mehreren Stellen Gefäßbündelelemente gleich dem Fascicularcambium; diese Stellen werden dann durch Markstrahlen voneinander getrennt; oder endlich 3) das gesamte Interfascicularcambium verhält sich dem Fascicularcambium völlig gleich und bildet nur Gefäßbündelelemente. Im allgemeinen erfolgt in dem ersten Falle die Bildung des Cambiumrings sehr spät, nach Vollendung des Längenwachstums, in den beiden andern Fällen schon früher, häufig sogar schon mit der ersten Aussonderung der Gefäßbündel.

In den Wurzeln, welche in die Dicke wachsen, bildet sich ebenfalls ein Cambiumring, indem die zwischen den einzelnen Xylembündeln innerhalb der Phloembündel liegenden Zellen des Verbindungsgewebes sich durch Teilung in Cambiumzellen umwandeln, und der Ring sich außerhalb der Xylembündel schließt. So entsteht auch hier ein Ring, der außerhalb der ursprünglich vorhandenen Xylembündel und innerhalb der ursprünglichen Phloembündel verläuft (Fig. 89), anfangs vor den Phloembündeln nach innen vorspringt, aber durch gerade hier gesteigerte Teilungsthätigkeit alsbald Kreisform annimmt.

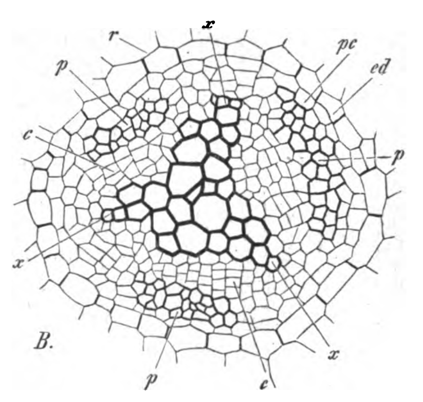


Fig. 89. Querschnitt durch den Strang einer Wurzel von Sambucus nigra mit beginnender Ausbildung des Cambiums *c*; *x* Xylem; *p* Phloem; *pc* Pericambium; *ed* Endodermis. (100mal vergr.)

Die Zellen des Cambiumringes, sowohl im Stamm wie in der Wurzel, teilen sich fortwährend tangential und mitunter radial, so dass die Zellenzahl in der Richtung des Radius, wie auch in der Richtung des sich dabei vergrößernden Umfangs zunimmt. Von den hierdurch erzeugten Zellen bilden sich die auf der inneren Seite gelegenen zu Elementen des Holzkörpers (Fig. 88 *B*, h^2), die der äußeren Seite zu Elementen des Phloemkörpers (Fig. 88 *B*, b^2) aus, während die mittlere Zone fortwährend in teilungsfähigem Zustande bleibt. Es kommt also durch die Thätigkeit des Cambiums innen ein sekundärer Holzkörper, außen ein sekundäres Phloem zu stande, im Gegensatz zu den primären Elementen der Stränge, welche schon vorher ohne Thätigkeit des Cambiums entstanden waren. Die primären Holzkörper der ursprünglichen Stränge befinden sich somit zu innerst und springen meistens (besonders wenn die primären Stränge weit voneinander

entfernt liegen) gegen das Mark hin vor; sie bilden die sog. Markkrone oder Markscheide (Fig. 88 *B*, *h'*).

Die Cambiumzellen sind langgezogen und etwas prosenchymatisch in der Richtung, dass die schräge Zuspitzungsfläche nur auf dem Tangentialschnitt deutlich, d. h. im Profil sichtbar ist (Fig. 90 *A*); sie sind sehr reich an Protoplasma und zerreißen besonders zur Zeit ihrer Thätigkeit (vom Frühjahr bis zum August) sehr leicht; daher lässt sich alsdann die »Rinde« leicht vom Holz losschälen.

Die Elemente des sekundären Holzkörpers sind, abgesehen von den unten S. 82 zu besprechenden Markstrahlen, im allgemeinen übereinstimmend mit denen des primären Xylems, doch kommen einige Besonderheiten vor. Vor allem ist zu bemerken, dass sie wenigstens ursprünglich in radiale Reihen geordnet sind, da ja alle auf einem Radius liegenden Elemente aus einer Cambiumzelle hervorgegangen sind.

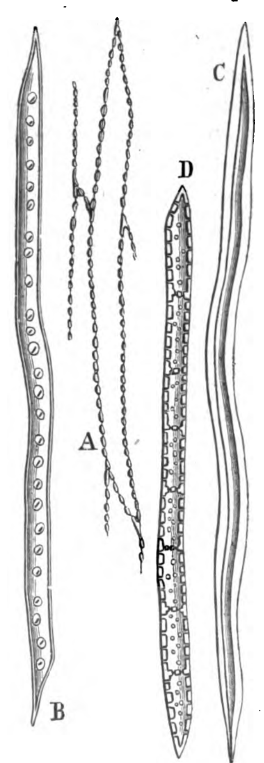


Fig. 90. *A* Cambiumzellen im tangentialen Längsschnitt, *B* faserförmige Tracheide, von außen gesehen, *C* Libriformfaser und *D* Holzparenchymgruppe, im Durchschnitt gesehen, aus dem Holze der Eiche, durch Mazeration isoliert (150).

Die verschiedenen der Länge nach gestreckten Gewebeelemente, welche den sekundären Holzkörper zusammensetzen, entstehen durch Umbildung der den eigentlichen Cambiumzellen völlig ähnlichen Tochterzellen. Das Holz unserer Bäume enthält folgende Elemente:

1. Tracheen, deren Längswände mit gehöften Tüpfeln versehen sind (echte Ring- und Spiraltracheen fehlen durchaus); es sind zum Teil echte Gefäße von größerem Querdurchmesser als die übrigen Elemente (daher diese meist in ihrer ursprünglichen Anordnung gestört), ihre Glieder meist von gleicher Länge wie die Cambiumzellen; die Querwände sind entweder ganz aufgelöst (einfache Perforation) oder nur durchbrochen (leiterförmige Perforation); zum Teil aber sind es Tracheiden, welche bald den Gefäßgliedern völlig ähnlich, sich nur durch den Mangel der Perforation unterscheiden, bald aber auch mehr die Form von Fasern besitzen (Fig. 90 *B*) und sich in ihrem übrigen Verhalten den Libriformfasern annähern, mit diesen selbst durch Übergangsformen verbunden sind. Auf der Längswand kommen bei einigen Hölzern (z. B. Linde) neben den Tüpfeln zarte Spiralverdickungen vor, welche von denen der eigentlichen Spiralgefäße außer der Zartheit auch dadurch verschieden sind, dass sie bei Verletzung sich nicht von der äußeren Wandschicht loslösen;

2. Libriformfasern; sie sind fast immer länger als die Cambiumzellen, ihre Wände mit kleinen spaltenförmigen Tüpfeln versehen (Fig. 90 *C*);

3. Holzparenchym; dieses kommt durch wiederholte Querteilung der Cambiumzellen zu stande; die aus je einer Cambiumzelle hervorgegangenen Parenchymzellen bilden eine durch die schrägen Wände der ersteren abgegrenzte Gruppe (Fig. 90 *D*). Es gehören hierher auch die Ersatzfasern, welche ohne Querteilung direkt aus Cambiumzellen hervorgehen.

Bezüglich der sehr mannigfaltigen Verteilung dieser Elemente ist vor allem hervorzuheben, dass sämtlichen Nadelhölzern Gefäße und Holzparenchym fehlen, während die Markkrone (das primäre Xylem) Ring-, Spiral- und Netzgefäße enthält; das sekundäre Holz dieser Pflanzen besteht nur aus Tracheiden, deren Wände behöfte Tüpfel besitzen. Im Holz der Laubhölzer und der Stengel stärkerer krautartiger Gewächse bilden die Libriformfasern meist die Grundmasse, welcher die Gefäße und Holzparenchymzellen eingestreut sind, jedoch in der Weise, dass die gleichartigen Elemente ein unter sich zusammenhängendes System bilden, und die Gefäße stets in direkter Nachbarschaft des Parenchyms auftreten. Saftige Stammgebilde, welche in die Dicke wachsen (die Kartoffelknollen), enthalten in dem vom Cambium gebildeten Xylem nur dünnwandige saftreiche Parenchymzellen, zwischen welchen einzelne Gefäße verlaufen.

Der Holzkörper unserer Holzgewächse lässt schon für das bloße Auge konzentrisch angeordnete Schichten erkennen, die Jahresringe (Fig. 91 *1*

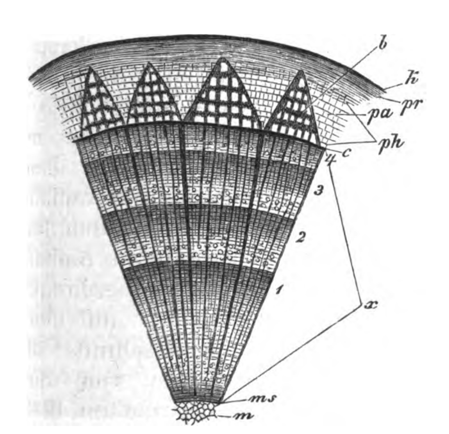


Fig. 91. Teil eines Querschnittes durch einen vierjährigen Zweig der Linde (schwach vergrößert); *m* Mark, *ms* Markkrone, *x* der sekundäre Holzkörper; *1*, *2*, *3*, *4* die vier Jahresringe; *c* Cambium; *ph* Phloem, *pa* primäre Markstrahlen, *b* Bastfasern, *pr* primäre Rinde, *k* Kork.

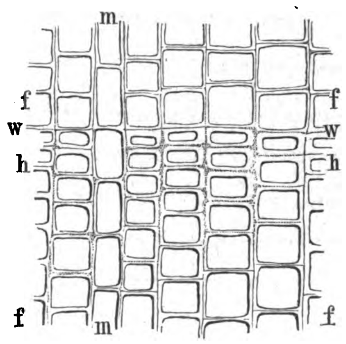


Fig. 92. Querschnitt des Fichtenholzes an der Grenze zweier Jahresringe; *m* ein Markstrahl, alles übrige sind Tracheiden, *f* lockeres Frühjahrsholz, *h* dichteres Sommerholz, *w* die Grenze zwischen dem Sommer- und folgenden Frühjahrsholz; zwischen *h* und *w* die abgeplattete Grenzzone (250).

bis 4). Das im Frühjahr gebildete Holz besitzt nämlich eine andere Beschaffenheit als das im Sommer gebildete; da nun die äußeren Bedingungen, von welchen diese Verschiedenheit abhängt, im Laufe eines Jahres sich allmählich ändern, während des Winters aber kein Holz entsteht, so ist leicht erklärlich, dass innerhalb des in einem Jahre gebildeten Ringes eine allmähliche Änderung im Bau des Holzes von innen nach außen beobachtet

wird, und dass die Grenze zwischen zwei Jahresringen ziemlich scharf ausgeprägt ist. Die Ursache des Hervortretens der Jahresringe liegt für sämtliche Hölzer darin, dass die letzten Holzelemente des Jahresringes, die Grenzzone, stets abgeplattet sind (Fig. 92 *w*); bei den Nadelhölzern kann man ferner noch das aus dünnwandigen Tracheiden gebildete Frühlingsholz (Fig. 92 *f*) und das aus dickwandigen Tracheiden gebildete Sommerholz (unrichtigerweise Herbstholz genannt) (Fig. 92 *h*) unterscheiden. Bei den Laubhölzern nimmt die Anzahl und Größe der Gefäße in jedem Jahresringe von innen nach außen ab. Geschieht dies allmählich, so nimmt das bloße Auge keinen auffallenden Unterschied zwischen Frühlings- und Sommerholz wahr (zerstreutporige Hölzer, z. B. Buche, Linde, Ahorn, Nussbaum); einige Holzarten zeigen aber im Frühlingsholz einen Ring von auffallend großen Gefäßen, während im Sommerholze nur viel kleinere Gefäße vorkommen (ringporige Hölzer, z. B. Eiche, Ulme, Esche).

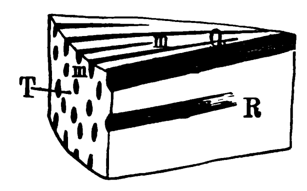


Fig. 93. Schematische Darstellung des Verlaufs der Markstrahlen (*m*): aus dem Holz geschnittener Keil. *Q* Querschnitt, *R* Radialfläche, *T* tangentiale Außenfläche des Holzkörpers; die dunkeln Partien sind die Markstrahlen.

Außer den bisher betrachteten Elementen enthält der Holzkörper auch noch Gruppen von radial gestreckten Parenchymzellen, die Markstrahlen oder Spiegelfasern. Diese erscheinen auf dem Querschnitt als radiale Streifen, auf dem Radialschnitt als radiale Bänder von beschränkter Höhe, auf dem Tangentialschnitt als elliptische, von den längsgestreckten Elementen umzogene Nester (Fig. 93); sie bestehen ganz oder teilweise aus Parenchymzellen, welche meist radial sehr gestreckt, in tangentialer und vertikaler Richtung dagegen sehr kurz sind; in manchen Hölzern besteht ein Teil der Markstrahlen aus isodiametrischen oder in der Längsrichtung gestreckten Zellen, nur bei einigen Nadelhölzern wie Kiefern (Fig. 94 *q*), Lärchen

Fig. 94. Markstrahl (*q p q*) auf dem Radialschnitt durch das Holz der Kiefer; *p* die Parenchymzellen, *q q* die radial gestreckten Tracheiden des Markstrahls; *t* die hinter dem Markstrahl liegenden Tracheiden; *h* Herbstholz (300).

u. a., sind außer diesen Parenchymzellen auch radial gestreckte Tracheiden vorhanden. Zwischen den Parenchymzellen verlaufen in radialer Richtung luftführende Intercellularräume. Die Markstrahlen werden ebenso, wie die längsgestreckten Elemente, vom Cambium erzeugt und zwar nach beiden Seiten hin, so dass jeder Markstrahl vom Holzkörper durch das Cambium in das Phloem verläuft. Hat eine Gruppe von Cambiumzellen einmal begonnen, Markstrahlgewebe zu erzeugen, so thut sie dies fortwährend; je mehr der Umfang des Holzkörpers zunimmt, an desto mehr Stellen beginnt im Cambium die Markstrahlbildung, desto mehr Markstrahlen zerklüften den Holzkörper. Diejenigen Markstrahlen, welche innen bis zum Mark und außen bis zur primären Rinde reichen, also schon mit Beginn des Dickenwachstums entstanden, heißen primäre. Es sind diese bei einigen Pflanzen aus dem ganzen Interfascicularcambium hervorgegangen (z. B. Clematis), bei anderen dagegen nur an einzelnen Stellen des Interfascicularcambiums (Carpinus); auch im primären Xylem der Stränge können schon primäre Markstrahlen vorkommen. Sekundäre Markstrahlen heißen diejenigen, deren Bildung erst später erfolgte, die also nicht bis zum Marke reichen, sondern innen im Holzkörper blind endigen. Wo die Markstrahlen sehr groß sind, fallen sie dem bloßen Auge sehr leicht auf (Holz der Buche und Eiche). Das Markstrahlenparenchym tritt in unmittelbare Berührung mit dem Holzparenchym und gleich diesem mit den Gefäßen.

Sekretbehälter fehlen dem sekundären Holze nicht; so finden sich zuweilen Krystallschläuche, Milchröhren; besonders aber sind die Harzgänge zu nennen, welche bei vielen Nadelhölzern (Kiefern, Fichten, Lärchen) der Länge nach in den stärkeren Markstrahlen verlaufen; bei anderen (Weißtanne, Cupressineen) erfüllt das Harz besondere Schläuche im Holze.

Das Holz vieler stärkerer Bäume lässt eine bisweilen sehr auffallende Verschiedenheit zwischen den älteren Teilen des Holzkörpers, dem Kernholz, und den äußeren jüngeren, dem Splint, erkennen. Diese beruht auf Veränderungen, die das in seinen Elementen längst fertige Holz im Laufe der Jahre erfährt; im Kernholz sind die Holzparenchym- und Markstrahlzellen sämtlich abgestorben, daher wird die Wasserbewegung verändert oder sistiert; dazu kommt zuweilen noch dunklere Färbung (Eiche, Ebenholz) und Ablagerung von Harz (Kiefer, Guajakholz).

Das vom Cambium gebildete sekundäre Phloem erreicht keine so bedeutende Mächtigkeit wie der Holzkörper; es besteht aus Siebröhren, Bastfasern und Parenchymzellen in verschiedener, nur sehr selten regelmäßiger Anordnung; bisweilen liegen die Bastfasern in Schichten, so dass man sie in ausgedehnten zusammenhängenden Stücken abziehen kann (Linde). Jahresringbildung tritt nicht hervor. Die Markstrahlen durchziehen, wie bereits oben erwähnt, das Phloem in entsprechender Ausdehnung, wie den Holzkörper. Bei mehreren Bäumen werden die Markstrahlzellen (und andere Zellen) des Phloems sklerenchymatisch, z. B. bei der Buche.

Von Sekretbehältern sind im sekundären Phloem vor allem Krystallschläuche als sehr häufig vorkommend namhaft zu machen; Schleimschläuche und Milchröhren kommen bei den damit versehenen Pflanzen regelmäßig auch im sekundären Phloem vor; ebenso (jedoch mit Ausnahme der meisten Coniferen) auch die Harzgänge.

Da man im gewöhnlichen Leben alle außerhalb des Cambiums liegenden Gewebe als Rinde zu bezeichnen pflegt, nennt man den vom Cambium erzeugten Phloemkörper auch **sekundäre Rinde**, zum Unterschiede von der noch weiter außen liegenden primären Rinde, nämlich der eigentlichen, dem Grundgewebe angehörigen Rinde. Wo Markstrahlen vorkommen und Siebröhren auftreten, handelt es sich immer um sekundäre Rinde.

Die Pharmakognosie unterscheidet zwischen Außen-, Mittel- und Innenrinde. Letztere ist die sekundäre Rinde, unter Mittelrinde wird das Rindenparenchym oder die primäre Rinde verstanden; Außenrinde ist die Epidermis oder der Kork, der die äußere Bedeckung der Droge bildet. Durch Borkebildung ist an vielen Rinden die Mittelrinde abgeworfen.

Manche Pflanzen weichen im Dickenwachstum von dem hier geschilderten allgemeinen Typus ab. Die wichtigsten Fälle anomalen Dickenwachstums sind folgende:

1. Die Produkte des auf gewöhnliche Weise entstandenen und gelagerten Cambiums sind anders angeordnet; z. B. bleibt bei den rankenden Bignoniaceen an vier kreuzweise geordneten Stellen (späterhin an noch mehreren) die Holzbildung zurück unter Steigerung der Phloembildung; der Cambiumring ist an den Grenzen der vier Kreuzarme unterbrochen; noch unregelmäßiger thätig ist das Cambium bei Polygala Senega, wo der Holzkörper durch keilförmig einspringende Parenchymmassen unregelmäßig zerklüftet wird. Bei Arten von Strychnos fehlen die Siebröhren im sekundären Phloem, treten aber in inselartigen Partien im sekundären Holzkörper auf.

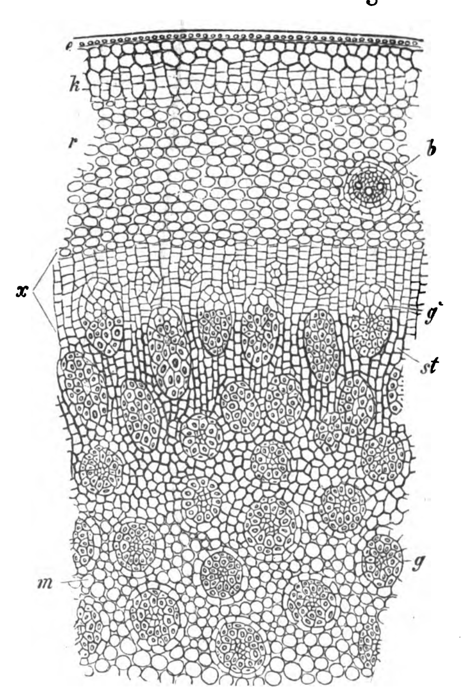


Fig. 95. Stück des Stamm-Querschnittes einer Dracaena; *e* Epidermis, *k* Kork, *r* primäre Rinde mit einem Blattspurstrang *b*; *x* Meristem; *g* Gefäßbündel; *st* das neugebildete, *m* das ältere Grundgewebe. (Nach *Sachs*.)

2. Der Cambiumring selbst verhält sich anomal; so besitzt a) Tecoma innerhalb des Holzkörpers einen zweiten Cambiumring, der nach außen hin Holz, nach innen hin Phloem bildet; b) bei rankenden Sapindaceen bilden sich an Stelle des einen mehrere partielle Cambiumringe; c) im Rhizom von Rheum officinale verlaufen durch das Mark Gefäßbündel, welche sich durch eine Cambiumschicht derart vergrößern, dass nach außen Holz, nach innen Phloem gebildet wird, beide von Markstrahlen durchzogen, wodurch die »Maserbildung« bedingt wird; d) bei Gnetum, Cocculus u. a.

erlischt die Thätigkeit des Cambiumringes nach einiger Zeit; es bildet sich alsdann ein neuer Cambiumring in der primären Rinde oder im sekundären Phloem; dies wiederholt sich mehrmals; bei Chenopodiaceen u. a. geht der Cambiumring nicht durch den primären Gefäßbündelring, sondern liegt außerhalb desselben, bei Exogonium Purga innerhalb desselben.

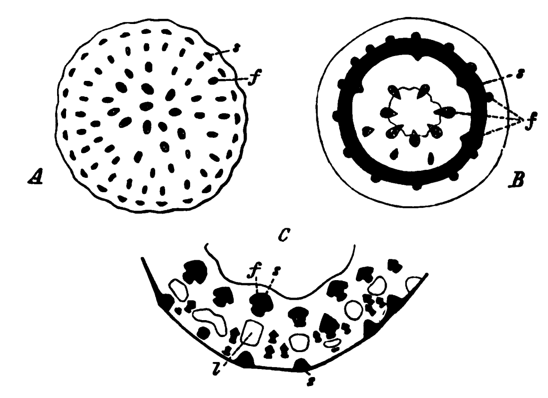


Fig. 96. Anordnung des Stereoms (*s*) auf dem (schematischen) Querschnitt der Stengel von *A* Arum maculatum, *B* Allium vineale, *C* Juncus glaucus; *f* Gefäßbündel, *l* Luftlücken (z. T. nach *Schwendener*).

3. An letztere Fälle schließt sich gewissermaßen das Dickenwachstum der baumartigen Liliaceen (Yucca, Dracaena) und Amaryllidaceen (Agave) an, bei welchen sich in der Rinde ein Meristem (Fig. 95 x) bildet; aus diesem gehen sowohl neues Grundgewebe, als neue Gefäßbündel hervor.

§ 37. **Mechanisches System.** Die Pflanzenteile gewinnen ihre Festigkeit durch gewisse Gewebepartien, welche zwischen weicheren Zellen wie feste Bänder, Träger oder Scheiden wirken (Fig. 96). Diese Gewebe sind die mechanischen Gewebe oder Stereome. Im Grunde genommen wirkt schon jede Zellmembran »mechanisch«, aber die Stereome haben ausschließlich die Funktion der Festigung über-

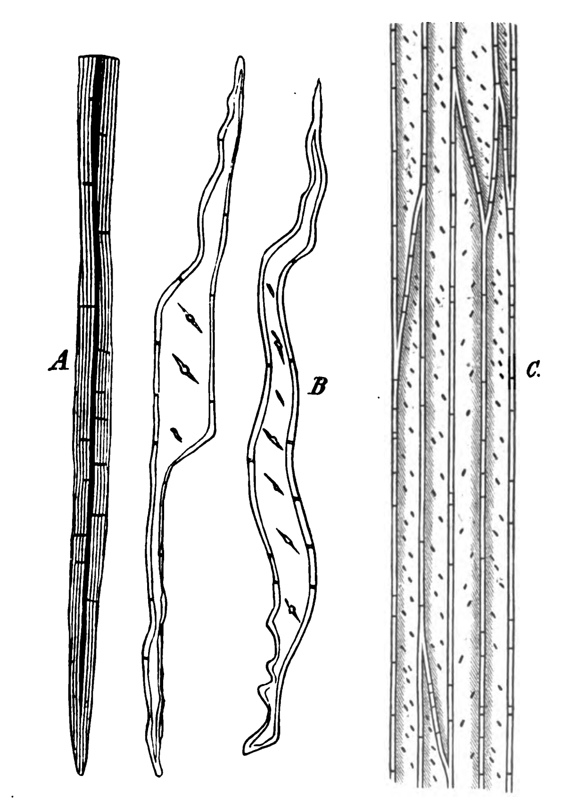


Fig. 97. *A* Ende einer Bastfaser mit stark verdickter, getüpfelter Wand im Längsschnitt. *B* Libriformfasern aus der Wurzel der Kürbispflanze, Flächen- und Durchschnittsansicht. *C* Libriformfaser aus dem Stengel von Helianthus tuberosus, 300 mal vergr.

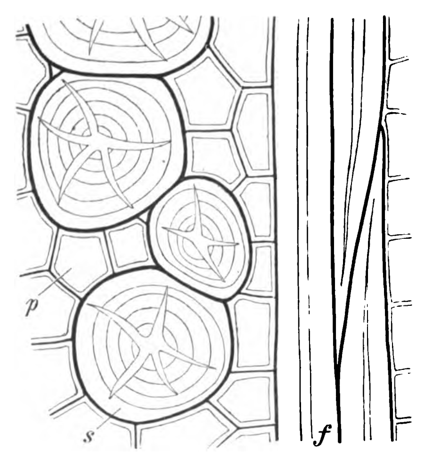
nommen. Daher sind die Zellen derselben auffallend stark verdickt, schließen fest an einander und besitzen häufig eine faserförmige Gestalt; sie führen nur Luft. Entwicklungsgeschichtlich stellt das mechanische Gewebe kein einheitliches System dar, indem an seiner Bildung sich nicht nur das Gefäßbündelsystem beteiligt, sondern auch das Haut- und Grundgewebe, aber physiologisch betrachtet ist das mechanische System jedenfalls einheitlich.

Die wichtigsten Formen des mechanischen Systems sind folgende:

1. Das Sklerenchym, gebildet von den Bastfasern oder Sklerenchymfasern (Fig. 97 *A*), deren schon S. 74 gedacht wurde. Bei den Gefäßkryptogamen tritt es als ein Teil des Grundgewebes auf und bildet harte Scheiden um die Gefäßbündel oder von diesen getrennt faden- oder bandartige Stränge; bei den Monokotyledonen (Fig. 84 u. 96) ist das Sklerenchym bald eine mehr oder weniger geschlossene Scheide der Gefäßbündel, bald tritt es unter der Epidermis in besonderen Strängen oder ringförmigen Zonen auf. Die Gymnospermen und Dikotyledonen besitzen das Sklerenchym als einen Teil der Gefäßbündel, nicht nur als eine Scheide um das primäre Phloem, sondern häufig auch in besonderen Strängen der sekundären Rinde (Fig. 91). Den Gefäßbündeln folgen die Bastbündel meist auch in die Blätter.

2. Das Libriform, gebildet von den (S. 73 u. 80) bereits erwähnten Libriformfasern (Fig. 97, *B*, *C*), den den Bastfasern entsprechenden mechanischen Elementen des Holzes.

3. Die Sklereiden oder Steinzellen, von den Sklerenchymfasern durch ihre allermeist isodiametrische Gestalt unterschieden (Fig. 98), be-



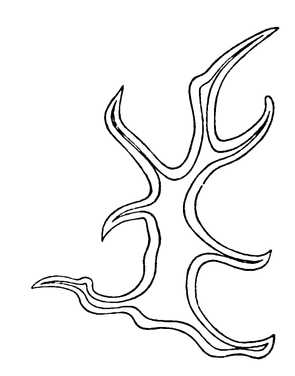


Fig. 99. Verzweigte Sklereide aus dem Blatte der Rubiacee Exostemma (300 mal vergr.).

Fig. 98. Sklereide (*s*) und Sklerenchymfasern (*f*) auf dem Längsschnitt der Eichenrinde; *p* Parenchymzellen (300).

sitzen stark verdickte, verholzte, deutlich geschichtete Membranen, die durch rundliche, nicht selten verzweigte Tüpfel durchzogen werden. Bisweilen sind sie sternförmig verzweigt (Fig. 99), wie z. B. im Theeblatt. Steinzellen treten auf im Hautgewebe (Kork, Quercus Suber), in den Gefäß-

bündeln, in den Blättern (Fig. 99), in den Früchten, wo sie (z. B. Birne) harte, rundliche Körner im weichen Fruchtfleisch bilden. In vielen Samen treten sie zur Bildung der sog. »Hartschicht« an der Peripherie des Samens zusammen.

Sehr verbreitet und pharmakognostisch wichtig sind die Steinzellen in der primären und sekundären Rinde. Nicht selten bilden sie zusammen mit Bastfaserbündeln an der Grenze der primären und sekundären Rinde einen »gemischten Sklerenchymring«, d. h. eine ringsgeschlossene Zone dickwandigen Gewebes aus Sklereiden und Bastfasern gebildet.

4. Das Collenchym, eine dem Grundgewebe angehörige Gewebeform, besteht aus langgestreckten (oder auch kurzen) Zellen, welche an den Kanten mit einer Verdickungsmasse versehen sind (Fig. 100 *cl*); es ist in den Stengeln und Blattstielen der Dikotyledonen allgemein verbreitet und vertritt seiner Funktion nach das mechanische Gewebe in noch wachsenden Teilen.

5. Auch die S. 77 erwähnte Endodermis oder Schutzscheide kann ihrer Funktion nach wenigstens teilweise dem mechanischen System zugerechnet werden.

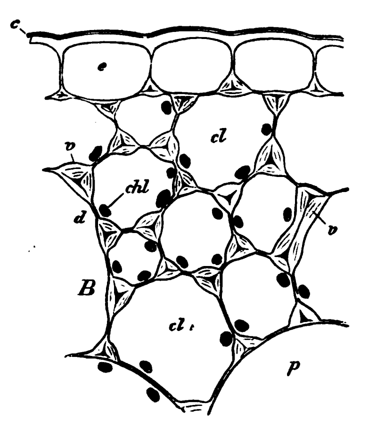


Fig. 100. Collenchymgewebe (*cl*) im Blattstiel von Begonia (Querschnitt, 550); *e* Epidermis, *c* Cuticula; *chl* Chlorophyllkörner, *v* Verdickungsmasse der Collenchymzellen, *p* Parenchymzellen. (Nach *Sachs*.)

§ 38. **Das Sekretionssystem.** Wie im tierischen, so werden auch im pflanzlichen Organismus nicht alle aufgenommenen und von der Pflanze gebildeten Stoffe rückstandslos verbraucht, sondern es entstehen durch die Prozesse des Stoffwechsels Substanzen, welche dauernd ausgeschieden werden; dies sind die Sekrete. Die Teile, welche sie ausscheiden, heißen Sekretionsorgane. Wie schon im Vorangehenden erwähnt, ist auch das Sekretionssystem entwicklungsgeschichtlich kein einheitliches System; dies zeigt auch folgende Übersicht der Formen desselben:

1. Die Drüsen, die Sekretionsorgane der Epidermis, welche ihr Sekret nach außen aus dem Pflanzenkörper ausscheiden; es geschieht dies

a) einfach durch Austreten des im Innern der Zelle gebildeten Sekretes durch die nicht cuticularisierte Außenwand, so in vielen Nektarien der Blüten, wo durch osmotische Wirkung des Sekrets noch vermehrte Wasserausscheidung veranlasst wird; hierher gehören auch die Digestionsdrüsen, welche ein zur Auflösung fremder Stoffe dienendes Sekret absondern, z. B. von Drosera.

b) das Sekret tritt in der Zellwand unter der Cuticula auf, hebt diese ab und zersprengt sie schließlich. Es findet diese Sekretion statt häufig auf der Fläche der Epidermis (z. B. an jungen Birkenzweigen) oder auf besonderen umgrenzten Stellen der Epidermis (z. B. in den Nektarien mancher

Blüten), oder endlich sehr häufig an der Spitze von Köpfchenhaaren (z. B. Humulus Lupulus, Mallotus philippinensis, Labiaten, Aspidium, Fig. 101); solche drüsige Köpfchenhaare sind auch die Leimzotten, welche die jungen Organe in den Winterknospen der Bäume bedecken und mit ihrem Sekret die sich entfaltenden Blätter überziehen.

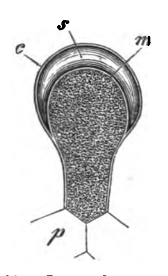


Fig. 101. Drüsenhaar von der Basis der Spreuschuppe von Aspidium Filix mas (200); *s* das Sekret, welches zwischen der inneren Wandschicht *m* und der Cuticula *c* auftritt.

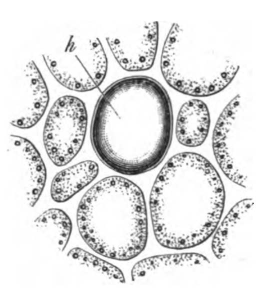


Fig. 102. Harzschlauch (*h*) aus dem Blattstiel des Kampferbaums (250 mal vergr.).

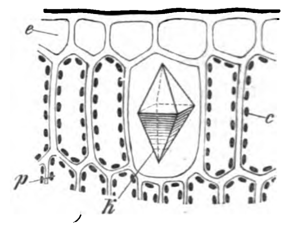


Fig. 103. Krystallschlauch im Blattgewebe von Rhamnus Frangula; *e* Epidermis der Oberseite; *p* Palissadenparenchym mit Chlorophyllkörnern (*c*); *k* der Krystall (200).

2. Die Sekretzellen treten entweder einzeln im Innern anderer Gewebe auf, oder sind zu Zellzügen vereinigt; häufig ist ihre Membran verkorkt und ihre Gestalt schlauchartig, gestreckt. Sie führen Harz, oder ätherisches Öl (Zingiberaceen, Lauraceen [Fig. 102]), Schleim (Althaea) oder Gerbstoff; häufig enthalten sie Kalkoxalat (Fig. 103; vergl. § 24); auch die Cystolithen führenden Zellen (§ 24) gehören hierher, endlich die Aloe-Saft enthaltenden Zellen des Aloe-Blattes.

3. Intercellulare Sekretbehälter, nämlich Intercellularräume von teils schizogenem, teils lysigenem (S. 55) Ursprung. Das Sekret ist entweder Schleim, Gummi, oder ein Gemenge von Gummi mit Harz, oder ätherisches Öl, letzteres sehr häufig mit Harz gemengt als sog. Balsam. Der Gestalt nach sind diese Intercellularräume entweder rundliche, rings geschlossene Höhlungen, Lücken, oder es sind langgestreckte, auf weite Strecken sich hinziehende Kanäle, Gänge; erstere sind vorherrschend lysigenen, letztere vorherrschend schizogenen Ursprungs.

Als Beispiele für lysigene Sekretbehälter seien genannt die mit Gummi erfüllten Höhlungen im Gewebe der Kirschbäume, ferner die Öllücken der Rutaceen, von Hypericum, bei welchen sich dieselben schon äußerlich für das bloße Auge als durchsichtige Punkte im Blattgewebe bemerkbar machen. Die Entstehung dieser Öllücken findet in der Weise statt, dass durch bestimmte Teilungen sich ein Komplex von Zellen aussondert, in deren Inhalt das Öl in Form von Tröpfchen auftritt; später werden dann die Wände zwischen diesen ölhaltigen Zellen aufgelöst, und die Lücke erscheint dann umschlossen von den angrenzenden dicht zusammenschließenden Zellen (Fig. 104).

Schizogenen Ursprungs dagegen sind z. B. die in Holz, Rinde und vielen Blättern verlaufenden Harzgänge der Coniferen und Anacardiaceen, die Gummiharzgänge (Vittae, Ölstriemen) der Umbelliferen und Verwandten, die Ölgänge der Compositen. Hier weichen die ebenfalls durch bestimmte Teilungen entstandenen Zellen auseinander (Fig. 105 *A*) und bilden dann eine durch Gestalt und Inhalt vom um-

gebenden Gewebe verschiedene Auskleidung des Ganges, in welchem sich das jedenfalls von diesen Zellen gebildete Sekret ansammelt.

Zwischen schizogenen und lysigenen Behältern existieren Übergänge.

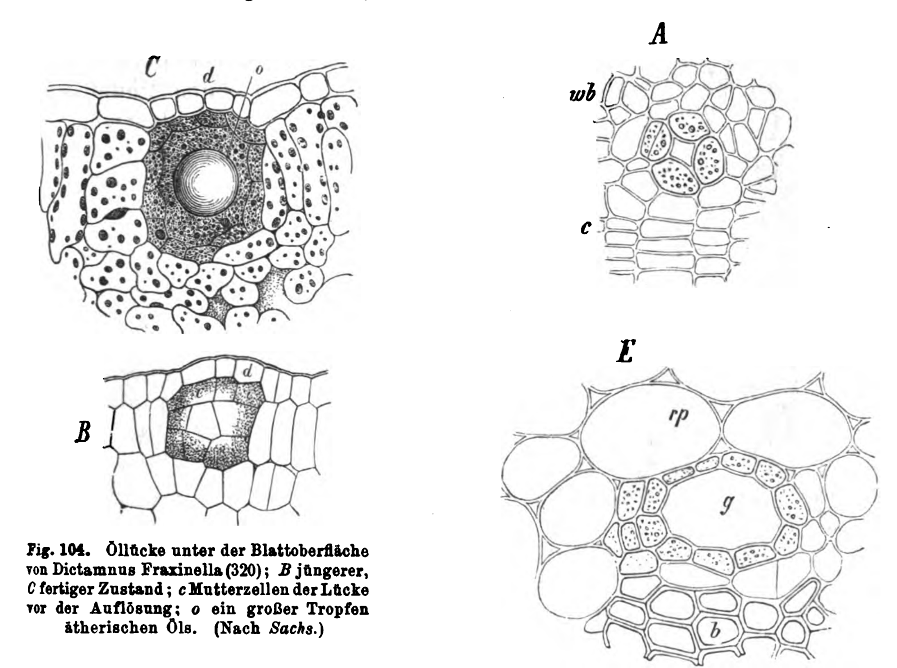


Fig. 104. Öllücke unter der Blattoberfläche von Dictamnus Fraxinella (320); *B* jüngerer, *C* fertiger Zustand; *c* Mutterzellen der Lücke vor der Auflösung; *o* ein großer Tropfen ätherischen Öls. (Nach *Sachs*.)

Fig. 105. Harzgänge im jungen Stamm von Hedera Helix (Querschnitt, 800). *A* jüngerer, *E* älterer Zustand; *g* der Harzgang, *c* Cambium, *wb* Phloem, *b* Bastfasern, *rp* Rindenparenchym. (Nach *Sachs*.)

4. Die Milchröhren sind engere oder weitere Röhren, welche einen weißen (Euphorbia) oder gelben (Argemone) bis roten (Chelidonium) Saft enthalten, der bei Verletzung der Pflanze in Tropfen austritt; der Milchsaft ist eine Emulsion, d. h. eine helle Flüssigkeit, in welcher in großer Menge kleine Körnchen oder Tröpfchen sich befinden. Die Milchröhren enthalten häufig neben Sekreten (Alkaloide, Kautschuk, Harz) auch plastische Stoffe.

Da die Milchröhren vorzugsweise mit dem Phloem vergesellschaftet auftreten, in Beziehung stehen zu den Herden der Assimilation, bisweilen Stärke führen (Euphorbia) und die Siebröhren vertreten können, hat man neuerdings die Milchröhren dem Leitungsgewebe zugerechnet.

Die Milchröhren sind

a) gegliedert, d. h. gerade oder anastomosierende Reihen von Zellen, deren Querwände aufgelöst oder durchbrochen sind (Fig. 106); solche kommen den Cichorieen, Campanulaceen und meisten Papaveraceen zu; der eingetrocknete Milchsaft des Mohns, Papaver somniferum, ist das Opium.

b) ungegliedert, d. h. an den Enden geschlossene Zellen, welche vielfach verästelt sind und die ganze Pflanze durchziehen (Fig. 107); sie finden sich bei manchen Euphorbiaceen, Moraceen, Apocynaceen und Asclepiada-

ceen. Dieselben werden schon in der jungen, noch aus wenigen Zellen bestehenden Keimpflanze angelegt und wachsen, ohne sich zu teilen, mit der ganzen Pflanze; während sie an älteren Teilen mit Milchsaft erfüllt sind, enthalten ihre fortwachsenden Enden Protoplasma mit zahlreichen Zellkernen.

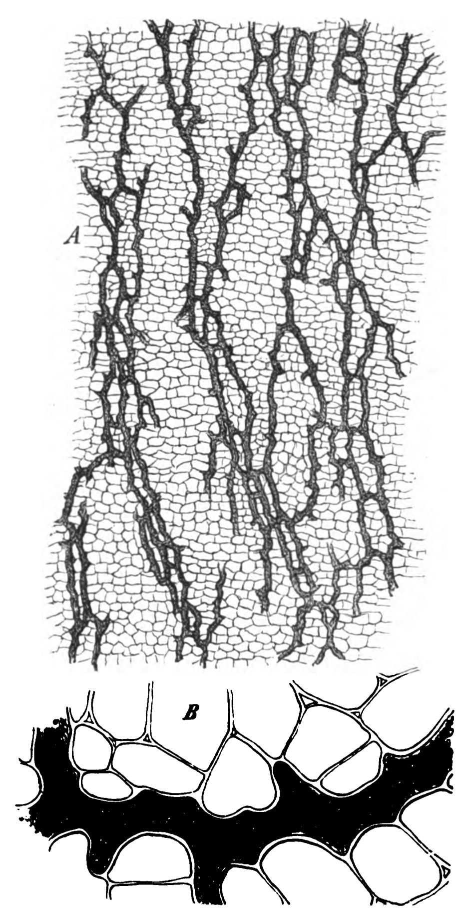


Fig. 106. Gegliederte Milchröhren im Phloem von Scorzonera hispanica. Tangentialschnitt, *A* schwach, *B* ein kleines Stück davon stark vergrößert. (Nach *Sachs*.)

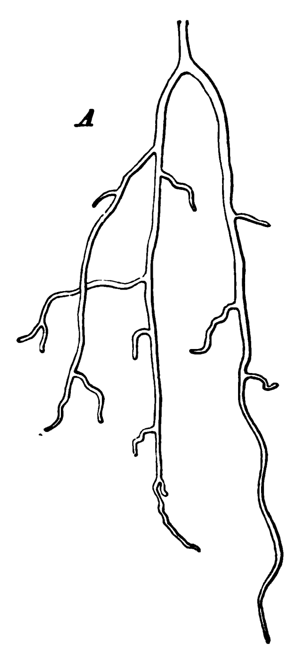


Fig. 107. Endverzweigung einer Milchröhre aus dem Blatte einer Euphorbia, freipräpariert (120 mal vergr.). (Nach *Haberlandt*.)

Zweiter Teil.

Die Lebensvorgänge in der Pflanze (Physiologie).

§ 39. **Aufgabe der Physiologie.** Alle in dem vorhergehenden Teile geschilderten Bestandteile des Pflanzenkörpers, die in seiner äußeren Form hervortretenden Glieder, wie die im Inneren vorhandenen Gewebeformen, stehen im engsten Zusammenhange mit den Lebensvorgängen im Pflanzenkörper und haben bestimmte Funktionen zu leisten. Die Ausübung dieser Funktionen ist aber abhängig von äußeren Einwirkungen, durch welche die den einzelnen Organen spezifisch eigentümlichen Arbeitsleistungen veranlasst werden. So ist z. B. den grünen Blättern die Ausübung ihrer Funktion der Assimilation nur bei Gegenwart von Kohlensäure und einer genügenden Lichtintensität ermöglicht. Die Physiologie hat sonach nicht bloß die Aufgabe, die äußere und innere Struktur mit der Verrichtung der betreffenden Organe in Zusammenhang zu bringen, zu erkennen, durch welchen Bau die einzelnen Organe zu ihrer Funktion befähigt werden, sondern sie muss auch die äußeren Bedingungen untersuchen, welche auf die Lebensvorgänge einwirken.

Erstes Kapitel.

Allgemeines über die Eigenschaften und Lebensbedingungen der Pflanzen.

§ 40. **Die Molekularstruktur in ihrer physiologischen Bedeutung.** Wie bereits oben S. 37 angegeben wurde, ist das Protoplasma der Träger aller Lebenserscheinungen; von dessen Zustand hängt Leben und Tod überhaupt ab; aber auch die Zellwände und der übrige Zellinhalt beteiligen sich selbstverständlich an den Lebensvorgängen. Zu deren Verständnis genügt indes die Kenntnis der sichtbaren Strukturverhältnisse nicht; wir müssen vielmehr aus den der Beobachtung zugänglichen Thatsachen Schlüsse auf die Lagerung der unsichtbaren kleinsten Teilchen ziehen, worüber man zu folgendem Resultat gelangt ist. In allen organisierten Gebilden, dem Protoplasma, den Zellkernen, Membranen, Stärkekörnern u. s. w. sind die aus chemischen Verbindungen bestehenden Moleküle zu größeren, aber nicht

direkt sichtbaren Komplexen, den Micellen, vereinigt, welche allseitig von Wasser umgeben werden, ohne dadurch ihren gegenseitigen Zusammenhang zu verlieren. Wird dieses Wasser durch Austrocknung entzogen, so rücken die Micellen aneinander, beim Befeuchten werden sie durch das eindringende Wasser auseinander geschoben, d. h. die organisierten Gebilde sind quellbar, imbibitionsfähig. Hierauf beruht die Diosmose, d. h. der Übertritt von Wasser und darin gelösten Stoffen von einer Zelle in die andere. Sowohl feste Körper, z. B. Salze, Zucker, als auch gasförmige, wie Sauerstoff und Kohlensäure, treten, im Imbibitionswasser gelöst, in die Zellen ein und aus diesen heraus. Zum Verständnis vieler Lebensvorgänge ist es wichtig, hier auf die allgemeinen Gesetze aufmerksam zu machen. Ein in Wasser gelöster Stoff, z. B. Zucker, diosmiert infolge der zwischen ihm und dem Wasser bestehenden Anziehung aus einer Zelle in die benachbarte so lange über, bis Gleichgewicht hergestellt ist, d. h. bis in beiden Zellen gleicher Gehalt der Lösung vorhanden ist. Wird nun in der einen Zelle der Zucker chemisch verändert, z. B. in Stärke verwandelt, so tritt das Gleichgewicht nie ein und die Strömung in jene Zelle, in welcher er verbraucht wird, dauert so lange, als in der anderen Zucker vorhanden ist; so kommt die nach den Verbrauchsorten gerichtete Bewegung, eine von den Verbrauchsorten ausgehende Saugung zu stande, welche in gleicher Weise nicht bloß für gelöste Stoffe, sondern auch für das Imbibitionswasser selbst in Thätigkeit tritt, sobald das Gleichgewicht in der Verteilung durch Verbrauch, sei dies Verlust durch Verdunstung, oder Einlagerung beim Wachstum organisierter Gebilde gestört wird. Von dem Vorhandensein dieser von den Verbrauchsorten ausgehenden Saugung überzeugt man sich in augenfälliger Weise z. B. an einer Kartoffelknolle, welche austreibt, während sie trocken liegt, somit von außen weder Wasser noch Stoffe aufnehmen kann; in demselben Maße, als der am Scheitel sich entwickelnde Trieb wächst, somit Wasser und Nahrungsstoffe verbraucht, werden die hinteren Partien der Knolle wasserärmer und schrumpfen.

Die Diosmose gelöster Stoffe geht aber nur da in der angegebenen Weise vor sich, wo das Protoplasma den gelösten Stoffen den Durchgang gestattet, was bekanntlich nicht stets der Fall ist. Schon oben S. 39 wurde darauf aufmerksam gemacht, dass das lebende Protoplasma z. B. gelöste Farbstoffe nicht durch sich hindurchgehen lässt, dass sonach nicht selten an eine Zelle mit gefärbtem eine solche mit farblosem Zellsaft angrenzt. Hierdurch kommt auch der Turgor zu stande, d. h. der Druck des Zellsaftes auf die Zellwand. Sowohl die Zellwand als das dieser anliegende Protoplasma gestatten dem von den Molekülen gelöster Stoffe angezogenen Wasser den Eintritt in den Saftraum der Zelle, welcher sich infolge dessen zu erweitern sucht, bis die beschränkte Dehnbarkeit der Zellwand dieser Erweiterung ein Ziel setzt. Dieser Gegendruck der elastischen Zellwand würde aber wieder ein Hinausfiltrieren der Lösung veranlassen, wenn nicht das Protoplasma diesem Druck gegenüber undurchlässig wäre. Es ist somit die Zellwand durch das mit Gewalt eingedrungene Wasser gespannt und übt durch ihre Elastizität einen Druck auf den Zellsaft aus; die Zelle

turgesziert, d. h. sie ist steif, etwa wie ein aufgeblasener Kautschukballon. Der Turgor spielt eine hervorragende Rolle bei den Wachstumsvorgängen. Durch ungleiche Dehnbarkeit der zu Geweben verbundenen Zellwände kommen Gewebespannungen zu stande, welche in Verbindung mit der Turgeszenz der einzelnen Zellen die Biegungsfestigkeit der nicht mit mechanischen Geweben versehenen Pflanzenteile bedingen, somit der jungen Teile, in welchen die Verholzung noch nicht stattgefunden hat, sowie auch saftiger Früchte, Knollen u. dgl., welche überhaupt keine mechanischen Zellen besitzen. Sobald denselben Wasser entzogen wird, hört die Turgeszenz auf, sie werden welk und schlaff.

§ 41. **Die äufseren Lebensbedingungen**, welche auf die Prozesse im Pflanzenkörper einwirken, sind die Wärme, das Licht, die Schwerkraft, die Elektrizität und chemische Kräfte.

Vor allem ist es die Wärme, durch welche die Lebensbewegungen hervorgerufen werden. Vor der Erörterung der Abhängigkeit des Pflanzenlebens von den Wärmezuständen ist aber die Vorfrage zu erledigen, ob dem Pflanzenkörper eine Eigenwärme zukommt. Wie sich (s. § 52) ergeben wird, ist die Wärmebildung in der Pflanze mit wenigen Ausnahmen eine äußerst geringe; es hängt also die Temperatur des Pflanzenkörpers fast ausschließlich von jener der Umgebung ab, mit welcher sie sich zum Teil durch Leitung, zum Teil durch Strahlung ausgleicht. Da die Pflanzenteile schlechte Wärmeleiter sind, so wird bei raschen und starken Temperaturschwankungen in der Umgebung die Pflanze häufig eine andere, bald höhere, bald niedrigere Temperatur haben müssen, als gleichzeitig in der Umgebung herrscht; wenn diese letztere nur langsam schwankt, wie z. B. im Boden, im Wasser, so werden auch die dort befindlichen Pflanzenteile immer nahezu dieselbe Temperatur haben, wie die Umgebung. Was die Strahlung betrifft, so ist dieselbe bei den Pflanzen, zumal den Blättern, eine sehr wichtige Ursache der Temperaturänderung; bei klarer Luft können daher solche Pflanzenteile hauptsächlich nachts durch Strahlung viel kälter werden als die sie umgebende Luft, worauf auch die Bildung des Taues und Reifes beruht. Eine weitere Ursache der Abkühlung der in der Luft ausgebreiteten Pflanzenteile liegt in der Verdunstung, welche besonders am Tage dahin wirkt, die Blätter unter die Temperatur der umgebenden Luft abzukühlen.

Jeder Vorgang in der Pflanze ist an eine gewisse Temperatur gebunden, d. h. unter einem gewissen Temperaturgrade, dem Minimum, sowie oberhalb einer gewissen Temperatur, dem Maximum, kann er nicht stattfinden. Es gilt dies für das Wachstum, für die Assimilation, für die Bewegungen des Protoplasmas, für die Thätigkeit der Wurzeln u. s. w. Innerhalb dieser beiden Grenzen, zwischen dem Minimum und Maximum, giebt es für jede Funktion, und zwar für jede Pflanze verschieden, ein Optimum, bei welchem die Funktion am intensivsten verläuft. Wenn also die Temperatur bis zum Optimum steigt, wirkt sie mit jedem Grade günstiger; steigt sie aber über das Optimum hinaus bis zum Maximum, so wirkt sie mit jedem Grade ungünstiger.

Man kann im allgemeinen annehmen, dass alle Vegetationserscheinungen unserer einheimischen Pflanzen erst bei einigen Graden über dem Eispunkt beginnen, dann bis ungefähr 25—30° C. sich an Intensität steigern, bei der genannten Temperatur ihr Optimum erreichen und bei Temperaturen über 30 bis ungefähr 45° C. wieder an Energie abnehmen, um bei etwa 50° C. ganz zu erlöschen. Bei Pflanzen heißer Klimate liegt die untere Grenze beträchtlich höher; so keimt z. B. ein Kürbissame erst bei 13° C.

Die Tötung durch zu hohe Temperatur hängt vom Wassergehalt ab; während trockene Erbsensamen eine Stunde lang erst bis über 70° C. erwärmt, ihre Keimkraft verlieren, werden sie, mit Wasser vollgesogen, schon bei einer Temperatur von 54° C. getötet. Die meisten Pflanzenteile ertragen keine höhere Temperatur bei länger dauernder Einwirkung als etwa 50° C. in Luft, 45° C. in Wasser. Besonders widerstandsfähig sind gewisse Schizophyten, welche, ohne getötet zu werden, eine Siedetemperatur von 1 bis 2 Stunden zu ertragen vermögen.

Das Erfrieren der Pflanzen, d. h. deren Beschädigung oder Tötung durch Kälte findet erst dann statt, wenn die Temperatur der Pflanze einige, zuweilen selbst viele Grade unter den Eispunkt sinkt, vorausgesetzt, dass die betreffende Pflanze überhaupt im stande ist zu erfrieren; denn viele werden durch Kälte überhaupt nicht getötet, wie die Flechten, manche Moose und Pilze; es sind das gerade diejenigen, welche auch das Austrocknen ohne Nachteil ertragen. Überhaupt sind trockene Pflanzenteile, wie die meisten Samen, die Winterknospen unserer Bäume, sehr unempfindlich, während dieselben, wenn sie mehr Wasser enthalten, sowie die Knospen während der Entfaltung, so überhaupt saftige Pflanzenteile, sehr leicht erfrieren. Setzt man einen solchen wasserreichen Pflanzenteil der Kälte aus, so tritt ein der Temperaturerniedrigung entsprechender Teil des Wassers aus den Zellen heraus und gefriert an deren Oberfläche, während sich das Gewebe entsprechend zusammenzieht; innerhalb der Zellen gefriert das Wasser nicht. Das aus den Zellen ausgetretene gefrorene Wasser bildet Massen oder Krusten (Fig. 108 *k*), bisweilen lange Kämme, welche aus einzelnen parallelen Eiskrystallen bestehen, und zwar aus fast ganz reinem Eis, da die gelösten Stoffe mit dem Rest des Wassers in konzentrierterer Lösung in den Zellen zurückbleiben. Es ist gewiss, dass diese Eisbildung an und für sich vielen Pflanzen nicht schadet; denn bei langsamem Auftauen nehmen die Zellen das langsam abschmelzende Wasser wieder auf und kehren in ihren ursprünglichen normalen Zustand zurück. Lässt man jedoch das Auftauen rasch vor sich gehen, so findet das plötzlich in großen Mengen abschmelzende Wasser nicht Zeit, wieder in die Zellen einzutreten, sondern

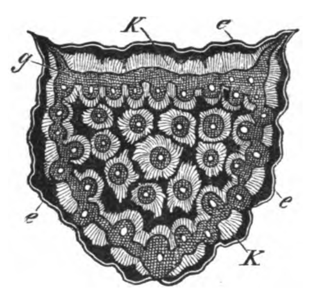


Fig. 108. Eismassen (*k*) zwischen dem zerrissenen Gewebe eines gefrorenen Artischokkenblattstieles (Cynara Scolymus). Querschnitt. *g* Parenchym, in einzelne, die Fibrovasalstränge enthaltende Partien zerrissen; *e* die Epidermis. Die Hohlräume sind ganz schwarz gehalten. (Nach *Sachs.*)

stagniert in den Zwischenräumen, wodurch die Pflanzen missfarbig werden und faulen, oder es läuft ab und verdunstet, so dass die Pflanze vertrocknet. Manche Pflanzenteile jedoch, wie z. B. Kürbis- und Georginenblätter, lassen sich auch durch langsames Auftauen nicht vor dem Kältetod schützen; es scheint, dass hier schon der Verlust des Wassers während des Gefrierens im Zellinhalte tötliche Veränderungen hervorruft. Ebenso leuchtet ein, dass unter besonderen Umständen, bei sehr lange andauernder Kälte, das außerhalb der Zellen zu Eis erstarrte Wasser durch Verdunstung allmählich entfernt wird, so dass es beim Auftauen an dem zur Herstellung des normalen Zustandes nötigen Quantum Wasser fehlt.

An Baumstämmen treten infolge der Kälte radiale Risse, Frostspalten auf, welche bei steigender Temperatur sich wieder schließen, aber natürlich nur im Rindenteile vernarben können; sie entstehen durch ungleiche Zusammenziehung des Holzes, welche in den äußeren, wasserreicheren Teilen größer ist.

Das Licht übt spezifische Wirkungen auf den Pflanzenkörper und seine Teile aus; es sind zum Teil

1. chemische Vorgänge, welche durch das Licht und zwar vorzugsweise durch die minder brechbaren Strahlen veranlasst werden, nämlich die Chlorophyllbildung und die Assimilation. Da letztere unten (§ 49) bei den Ernährungsvorgängen besprochen werden soll, sei hier nur über die Chlorophyllbildung angegeben, dass im Finstern wohl die Chloroplasten gebildet werden, hingegen der Farbstoff sich nur unvollständig entwickelt, sie färben sich nicht grün, sondern nur gelb. Nur wenige Pflanzenteile, wie die Keimpflanzen der Nadelhölzer und die Blätter der Farne, vermögen im Finsteren zu ergrünen. Es ist jedoch nicht zu vergessen, dass die Chlorophyllbildung auch von der Temperatur abhängt und bei zu niederer Temperatur nicht erfolgt; daher können Pflanzenteile, welche im ersten Frühjahre bei kalter Witterung aus dem Boden hervorbrechen, trotz des Lichtes Tage lang gelb bleiben, bis wärmere Temperatur eintritt;

2. mechanische Wirkungen, welche vorzugsweise den stärker brechbaren (blauen) Strahlen zukommen. Sie äußern sich darin, dass das Längenwachstum bei genügendem Lichtzutritt anders verläuft, als bei Lichtabschluss (s. unten § 57), sowie dass Veränderungen in der Richtung und Intensität der Beleuchtung bestimmte Bewegungen hervorrufen (s. unten § 59, 60, 63). Es ist ferner hervorzuheben, dass reizbare Pflanzenteile (s. § 58) nur dann auf Reize reagieren, wenn die Pflanze schon längere Zeit in normaler Weise dem Lichte ausgesetzt gewesen ist.

Ebenso sind die Pflanzen der Schwerkraft nicht bloß in derselben Weise, wie alle Naturkörper unterworfen, woraus sich verschiedene Einrichtungen des Baues erklären, welche das Gewicht der Pflanzenteile mit den übrigen Verhältnissen in Einklang bringen, sondern die Pflanzen besitzen auch eine dem Wesen nach noch nicht aufgeklärte Empfindlichkeit für die Richtung, in welcher die Schwerkraft auf ihre Organe einwirkt, und reagieren gegen diese Einwirkung in bestimmter Weise (s. § 63).

Über die Einwirkung der Elektrizität wissen wir nur wenig; es

verdient nur Erwähnung, dass stärkere elektrische Reizungen ähnlich wie mechanische Erschütterungen wirken.

Die chemischen Kräfte äußern sich in den Ernährungsvorgängen, deren Schilderung den Gegenstand des folgenden Kapitels bildet, sowie in chemischen Reizen (s. § 66).

Zweites Kapitel.

Die Ernährung.

§ 42. **Die Elementarstoffe der Pflanzennahrung.** Bevor wir in die Schilderung der Vorgänge eintreten, welche eine Vermehrung der Pflanzensubstanz bedingen und sich in der Aufnahme von Nahrungsstoffen, sowie in deren Umänderung innerhalb des Pflanzenkörpers äußern, ist es nötig, sich über die chemischen Bestandteile des Pflanzenkörpers zu orientieren. Wie bereits mehrfach erwähnt und hervorgehoben wurde, enthalten alle Pflanzenteile bedeutende Mengen von Wasser. Dessen Quantität wird durch den Gewichtsverlust bestimmt, welchen ein Pflanzenteil durch Erhitzen auf 100—110° C. erfährt; sie ist natürlich für verschiedene Pflanzenteile verschieden; reife Samen im lufttrockenen Zustande z. B. enthalten an Wasser 12—15 Prozent, krautige Pflanzen 60—80, manche Wasserpflanzen und Pilze selbst bis 95 Prozent ihres Gesamtgewichtes.

Die Substanz, welche beim Erhitzen über 100° C. kein Wasser mehr abgiebt (Trockensubstanz), besteht aus einer sehr großen Anzahl chemischer Verbindungen. Dieselben sind zum Teil organische, zum Teil anorganische. Die in der lebenden Pflanze vorkommenden organischen Stoffe enthalten sämtlich (mit Ausnahme der oxalsauren Salze) Wasserstoff; während einzelne, wie manche Öle, nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, enthalten Cellulose, Stärke, Zucker, sowie die Säuren, und andere Öle, außerdem noch Sauerstoff. Die Eiweißstoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel; anderen stickstoffhaltigen Körpern, wie dem Asparagin, vielen Alkaloiden fehlt der Schwefel; einigen anderen Alkaloiden, wie dem Nikotin, auch der Sauerstoff.

Die organischen Verbindungen werden bei sehr starkem Erhitzen unter Luftzutritt, d. h. beim Verbrennen, in flüchtige Produkte, größtenteils Kohlensäure, Wasser und Ammoniak verwandelt. Die unorganischen bleiben hierbei als ein weißes (oder, wenn die Verbrennung nicht vollständig vor sich geht, graues) Pulver zurück, die Asche.

Während der Verbrennung gelangt der Schwefel der organischen Verbindungen als Schwefelsäure in die Asche; auch die bei der Verbrennung entstandene Kohlensäure verbindet sich mit einigen anorganischen Stoffen; dieselbe wird daher bei einer richtigen Darstellung der Aschenzusammensetzung nicht mit in Rechnung gebracht.

Die Asche macht gewöhnlich nur wenige Prozente der Trockensubstanz

aus; ein Bild von ihrer Menge und Zusammensetzung geben uns folgende Analysen von verschiedenen Pflanzenteilen.

1000 Teile der Trockensubstanz enthalten:

	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Wiesenklee in der Blüte	68,3	21,96	1,39	24,06	7,44	0,72	6,74	2,06	1,62	2,66
Weizenkörner	19,7	6,14	0,44	0,66	2,36	0,26	9,26	0,07	0,42	0,04
Weizenstroh	53,7	7,33	0,74	3,09	1,33	0,33	2,58	1,32	36,25	0,90
Kartoffelknollen	37,7	22,76	0,99	0,97	1,77	0,45	6,53	2,45	0,80	1,17
Apfel	14,4	5,14	3,76	0,59	1,26	0,20	1,96	0,88	0,62	—
Erbsensamen	27,3	11,41	0,26	1,36	2,17	0,16	9,95	0,95	0,24	0,42

Die Aschebestandteile sind keine zufällige Beimengung; sondern, wie Versuche gezeigt haben, sind gewisse anorganische Stoffe zum Leben der Pflanze unbedingt notwendig. Diejenigen Elemente, welche die Pflanze zu ihrer Ernährung braucht, welche also als Nahrungsstoffe betrachtet werden müssen, sind:

Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen.

Außerdem finden sich in vielen Pflanzenaschen noch, sind aber ohne Bedeutung für die Ernährung:

Natrium, Mangan, Silicium, Chlor, Jod, Brom, und in seltenen Fällen noch: Aluminium, Kupfer, Zink, Kobalt, Nickel, Strontium, Baryum, Lithium u. a. Das Fluor muss wohl auch in der Pflanzenwelt vorkommen, da es in der Zahnsubstanz der sich (mittelbar oder unmittelbar) von Pflanzen ernährenden Thiere in erheblicher Menge sich vorfindet.

§ 43. **Allgemeines über die Ernährungsvorgänge.** In welcher Form und von welchen Organen die Nahrungsstoffe aufgenommen, wie sie im Pflanzenkörper transportiert und verändert werden, soll nun im Folgenden gezeigt werden. Dabei gehen wir von dem typischen Falle einer chlorophyllhaltigen Landpflanze aus, deren grüne Blätter in der atmosphärischen Luft dem Sonnenlichte ausgesetzt sind, während ihre Wurzeln im Boden sich ausbreiten und mit dem darin vorhandenen Wasser, sowie dessen festen Bestandteilen in Berührung treten. Die Nahrungsaufnahme einer solchen Pflanze gliedert sich im allgemeinen in zwei Abschnitte: die Bildung der organischen Substanz, die Assimilation, d. h. die Aufnahme des Kohlenstoffs, findet in den chlorophyllhaltigen Zellen, somit hauptsächlich in den Blättern statt; die Aufnahme des Wassers mit den Aschenbestandteilen und Stickstoffverbindungen geschieht durch die Wurzeln. Das Ineinandergreifen dieser beiden Prozesse zeigt sich am deutlichsten darin, dass die assimilierenden Teile einem fortwährenden Wasserverluste durch Verdunstung ausgesetzt sind und eben dadurch ein Aufsteigen des Wassers mit den darin gelösten Stoffen von der Wurzel bis in die assimilierenden Zellen veranlasst wird.

Pflanzen, welche im Wasser untergetaucht leben, verlieren natürlich kein Wasser durch Verdunstung; ihnen fehlt sonach diese gegen die assimilierenden Zellen hin gerichtete Wasserbewegung; sie finden in dem umgebenden Wasser alle notwendigen Nahrungsstoffe und können diese mit ihrer ganzen Oberfläche aufnehmen.

Eine gesonderte Betrachtung (s. § 51) fordert die Aufnahme fertig gebildeter organischer Substanzen, welche bei allen chlorophyllfreien Pflanzen notwendig erfolgen muss, aber auch bei einigen chlorophyllhaltigen Pflanzen in verschiedenartiger Weise vorkommt.

§ 44. **Die Transpiration** gewinnt dadurch, dass sie den von den Wurzeln aufsteigenden Strom von Wasser mit gelösten Nahrungsstoffen (Transpirationsstrom) veranlasst, hohe Bedeutung für die Ernährungsvorgänge. Jeder an der Luft befindliche Pflanzenteil, der nicht von dicken Korklagen bedeckt ist, verdunstet fortwährend Wasser an die Atmosphäre. Führt man einen beblätterten Stengel bei genügend hoher Temperatur unter eine Glasglocke ein, so beschlägt sich dieselbe mit kleinen Wassertropfen, die aus dem von der Pflanze abgegebenen Wasserdampf kondensiert werden. Die Transpiration ist natürlich desto lebhafter, je höher die Temperatur und je trockener die umgebende Luft ist. Auch das Licht wirkt beschleunigend auf die Transpiration. Von großer Bedeutung ist der Wassergehalt und die Temperatur des Bodens für die Verdunstung. Tritt im Frühjahr z. B. durch Schneefall oder Hagelschlag eine Erniedrigung der Bodenwärme ein, so welken die Blätter selbst bei genügender Luftfeuchtigkeit, weil die Thätigkeit der Wurzeln herabgesetzt ist.

Das durch die Transpiration verlorene Wasser wird wieder ersetzt durch andere Wassermengen, welche von der Wurzel aus dem Boden aufgenommen und den transpirierenden Teilen zugeführt werden. An besonders heißen Tagen kommt es vor, dass die Blätter der Bäume, krautige Pflanzen mehr verdunsten, als ihnen durch die Wurzel nachgeschafft werden kann; sie werden welk und schlaff. Das Welkwerden tritt bekanntlich auch an abgeschnittenen Pflanzenteilen ein. Je nach der Organisation der Pflanze und ihrer einzelnen Teile ist die Transpiration verschieden ausgiebig. Die Stämme der meisten Holzgewächse sind durch dicke Korklagen fast vollständig davor geschützt; gering ist die Transpiration auch bei solchen Stämmen und Blättern, die mit einer starken Cuticula überzogen sind, wie die Blätter der Agaven, die Stämme der Cacteen und ähnlicher Pflanzen. Einen Schutz gegen zu großen Wasserverlust der assimilierenden Zellen bildet auch der in der Epidermis stets vorhandene Wasservorrat, welcher bei einigen Pflanzen, wie Ficus, Peperomia, noch durch ein Hypoderm (S. 60) erhöht wird.

Da die Cuticula für Wasser nur sehr wenig durchgängig ist, so ist auch die Verdunstung an der freien Außenfläche der Blätter nur von ganz untergeordneter Bedeutung und kommt für die wichtige Rolle, welche die Verdunstung im Lebensprozess der Pflanzen spielt, gar nicht in Betracht.

Die Verdunstung findet in ausgiebigster Weise von den Zellen des Blattgewebes gegen die luftführenden Intercellularräume hin statt. Da nun diese durch die Spaltöffnungen mit der Außenluft in Verbindung stehen, so sind letztere die Regulatoren der Verdunstung; sind sie geschlossen, so wird die Binnenluft sich bald mit Wasserdampf sättigen und dadurch die weitere Verdunstung hindern. Bei geöffneter Spalte kann sich dagegen die Binnenluft mit der umgebenden Luft ausgleichen und wird sich daher nie vollständig mit Wasserdampf sättigen, somit fortdauernde Verdunstung ermöglichen. Wie bereits oben angedeutet, wird das Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen durch äußere Einwirkungen veranlasst, und zwar in der Weise, dass unter dem Einflusse des Sonnenlichts der Turgor der Schließzellen erhöht wird. Durch die eigentümliche Gestaltung ihrer Wand wird dadurch eine Formänderung der Schließzellen in dem Sinne herbeigeführt, dass die Spalte sich erweitert; bei abnehmendem Turgor schließt sie sich wieder. Somit ist die Transpiration der chlorophyllhaltigen Zellen unter denselben äußeren Bedingungen am lebhaftesten, unter welchen, wie wir unten sehen werden, auch ihre assimilierende Thätigkeit am ausgiebigsten ist.

§ 45. **Die Wasserströmung im Holz.** Das durch die Verdunstung abgegebene Wasser wird den chlorophyllhaltigen Zellen zunächst aus den rückwärts angrenzenden Geweben ersetzt und in letzter Instanz von den Wurzeln her den transpirierenden Teilen zugeführt. Dass die Bahn, in welcher dieser aufsteigende Wasserstrom sich bewegt, der Holzkörper ist, lässt sich leicht durch den Versuch des Ringschnittes an einem Stamm mit einheitlichem Holzkörper darthun. Wird ein Ring der Rinde entfernt, so dass also in dieser die Leitung unterbrochen ist, so werden die Blätter nicht welk, so lange das Holz erhalten bleibt; und zwar ist es der jüngere Splint, welcher das Wasser leitet, während das Kernholz aus der Leitungsbahn ausgeschieden wird. Dass die verholzten Elemente des Xylems diese Wasserleitung vermitteln, wird auch noch durch die Thatsache bestätigt, dass untergetauchte Wasserpflanzen, welche nicht transpirieren, auch der verholzten Elemente im Xylem entbehren.

Das im Holzkörper, und zwar im L u m e n d e r T r a c h e e n aufsteigende Wasser bildet aber nicht etwa kontinuierlich zusammenhängende Wassermassen, sondern im Innern der Tracheen findet man zur Zeit der lebhaftesten Verdunstung nur einzelne, durch verdünnte Luft von einander getrennte Wasseransammlungen. Die Kraft, welche der Schwerkraft entgegen das Wasser bis in die Krone der höchsten Bäume emporhebt, kann mit großer Wahrscheinlichkeit darin gesucht werden, dass die osmotische Thätigkeit der an die Gefäße und Tracheiden angrenzenden Markstrahl- und Holzparenchymzellen das Wasser aus den tieferen Tracheen anzieht und in periodischem Wechsel an die mit geringerem Luftdruck versehenen höher gelegenen Tracheen abgiebt.

§ 46. **Der Wurzeldruck.** Das Wasser, welches durch die von den transpirierenden Flächen ausgehende Saugung im Holzkörper emporsteigt,

wird durch die Wurzeln (vergl. § 47) aufgenommen. Diese Thätigkeit der Wurzel ist aber unabhängig vom Verbrauche. Es kann daher der Fall eintreten, dass die Wurzel größere Quantitäten Wasser aus dem Boden aufnimmt, als ihr durch die an der Peripherie stattfindende Transpiration abgenommen wird. Infolge dessen füllen sich die Tracheen mit Wasser, welches von der Wurzel hinaufgepresst wird und aus etwa vorhandenen Wunden ausfließt. So erklärt sich die bekannte Thatsache, dass beschnittene Weinreben im Frühjahr **bluten**, d. h. aus den Schnittflächen Wasser ausscheiden; bei genauerer Betrachtung zeigt sich deutlich, dass dieses Wasser vorzugsweise aus den Öffnungen der großen Tracheen austritt. Ein ähnliches Bluten beobachtet man auch bei mehreren Bäumen (Birke, Ahorn), sowie bei allen kräftig wachsenden, mit starken Wurzelsystemen versehenen holzbildenden Stauden; schneidet man eine Sonnenrose oder eine Tabakspflanze einige Centimeter über der Erde ab und schützt die Schnittfläche vor Verdunstung, so beginnt nach einiger Zeit das Ausfließen von Saft aus der Schnittfläche, welches selbst mehrere Tage lang anhält. Dieses Wasser wird mit so bedeutender Kraft hinaufgepresst, dass es bisweilen einer Quecksilbersäule von ansehnlicher Höhe bedarf, um diesem Wurzeldruck das Gleichgewicht zu halten (Fig. 109). Dieser Wurzeldruck verursacht auch bisweilen Ausscheidung von Wassertropfen an bestimmten Stellen der Pflanze, so an der Blattspitze vieler Araceen, sehr schön an den Zähnen des Blattes von Alchemilla vulgaris, wo die Erscheinung fast an jedem Sommermorgen zu beobachten ist, aber gewöhnlich mit dem Tau verwechselt wird. Bei trockener Luft wird die Bildung von Tropfen an den betreffenden Stellen dadurch verhindert, dass das emporgepresste Wasser sofort verdunstet.

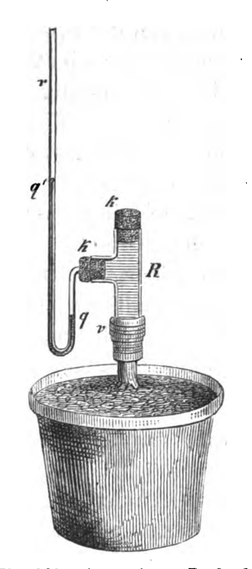


Fig. 109. Apparat zur Beobachtung des Wurzeldrucks. Der Stamm ist über der Wurzel bei *v* abgeschnitten; daselbst wird die Glasröhre *R* aufgebunden, in welche durch den Kork *K* das Steigerohr *r* eingesetzt wird; *R* wird mit Wasser gefüllt und durch den Kork *k* verschlossen; *r* wird mit Quecksilber gefüllt. Je nach der Größe des Wurzeldrucks steigt das Niveau des Quecksilbers *q'* über *q*. (Nach *Sachs*.)

Die Bewegung des Wassers infolge des Wurzeldrucks findet im Frühjahre, überhaupt zur Zeit des kräftigsten Wachstums statt. An Pflanzen, welche vorher stark transpiriert haben, tritt nach Durchschneidung des Stammes kein Wasser aus dem Wurzelstock hervor, sondern erst nach längerer Zeit, wenn die Wurzeln wieder neues Wasser aufgenommen haben; es zeigt dies zunächst, dass der Wurzeldruck bei stark transpirierenden Pflanzen gar nicht vorhanden sein kann, und zum Ersatz des transpirierenden Wassers nicht direkt mitwirkt.

Dem Wesen nach ganz verschieden hiervon ist das sog. Bluten abgeschnittener Holzstücke, welche im Winter oder zeitigen Frühjahr in warme Luft gebracht werden; der hier erfolgende Wasseraustritt geschieht ledig-

lich infolge der bei steigender Temperatur eintretenden Ausdehnung der Luftblasen, welche sich zwischen dem Wasser in den Elementen des Holzes befinden; bei sinkender Temperatur wird durch Zusammenziehung der Luft wieder Wasser eingesogen.

§ 47. **Die Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe aus dem Boden** geschieht durch die Wurzeln, bei den wurzellosen Pflanzen durch Haare, Sprosse oder Thalluszweige, welche deren Stelle vertreten. An den Wurzeln sind es die Epidermiszellen und deren Haare (Fig. 110 *h*), welche mit den Bodenteilchen und dem diesen adhärierenden Wasser in Berührung kommen. Einige Nährstoffe sind in diesem Wasser des Bodens gelöst und gelangen unmittelbar mit diesem durch Diffusion in die Wurzelzellen; andere werden durch den sauren Saft, der in den Wurzelzellen enthalten ist und auch deren Membranen durchtränkt, zersetzt und gelangen als Salze organischer Säuren in die Pflanze; lässt man Wurzeln über polierte Marmorplatten hinwachsen, so wird an den Stellen, welche unmittelbar von den Wurzeln berührt werden, der kohlensaure Kalk zersetzt, und man erhält so einen Abdruck des ganzen Wurzelsystems auf der Platte. Eine dritte Gruppe von Nährstoffen endlich wird im Boden auf eigentümliche Weise festgehalten, so dass sie durch Wasser nicht ausgewaschen, wohl aber von der Pflanze aufgenommen werden können; sie sind im Boden **absorbiert**. Deren Aufnahme, so wie die der in fester Form vorhandenen Stoffe, wird der Pflanze hauptsächlich dadurch ermöglicht, dass die Wurzelhaare mit den Bodenteilchen aufs innigste verwachsen. Zieht man eine kräftig wachsende Pflanze aus dem Boden, so sind diejenigen Wurzelstücke, welche mit Haaren überzogen sind, dicht von Erdpartikelchen eingehüllt, welche ohne Zerreißung der Haare nicht abgetrennt werden können. Dadurch, dass die Wurzelhaare in einer bestimmten Entfernung von der Wurzelspitze entstehen, bald absterben und stetig wieder neue erscheinen, rückt der der Nahrungsaufnahme dienende Teil der Wurzel im Boden fortwährend weiter. Die Bedeutung der Wurzelhaare zeigt sich auch darin, dass eine frisch verpflanzte Pflanze längere Zeit welk bleibt, da die Wurzeln erst dann wieder hinreichende Mengen von Wasser aufzunehmen vermögen, wenn sie durch neugebildete Haare wieder mit den Bodenteilchen verwachsen sind.

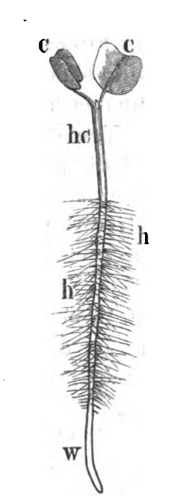


Fig. 110. Wurzelhaare (*h*) an der Hauptwurzel (*w*) einer in Wasser erwachsenen Keimpflanze des Buchweizens, *hc* hypokotyles Glied, *c* Kotyledonen.

Die aufnehmende Thätigkeit der Wurzeln ist, wie alle Lebensvorgänge, auch von der Temperatur abhängig; wird z. B. der Boden zu stark abgekühlt, so wird diese dadurch gelähmt, und die Pflanze welkt.

Die Stengel und Blätter sind nicht im stande, mit unverletzter Außenfläche erhebliche Quantitäten Wasser oder Wasserdampf aufzunehmen; die

Beobachtung, dass welke Pflanzen nach Benetzung mit Tau oder Regen oder an feuchten Abenden straff werden, erklärt sich einerseits durch die größere Wasseraufnahme aus dem befeuchteten Boden, andererseits durch die verminderte Transpiration bei feuchter Atmosphäre.

§ 48. **Die aus dem Boden aufgenommenen Nährstoffe** wandern mit dem im Holzkörper aufsteigenden Wasser in gelöster Form in die oberirdischen Pflanzenteile. Es sind dies mit Ausnahme des Kohlenstoffs und zum Teil auch des Stickstoffs sämtliche S. 97 genannte Nahrungsstoffe, und zwar zunächst die sich in den Aschenbestandteilen findenden Elemente in der Form von schwefelsauren und phosphorsauren, Kali-, Kalk-, Magnesia- und Eisensalzen. Von der Rolle dieser Nahrungsstoffe wissen wir nur so viel, dass zunächst die schwefelsauren und phosphorsauren Salze zur Bildung von Eiweißstoffen und ähnlichen Verbindungen unbedingt notwendig sind. Die Kalisalze verraten eine nähere Beziehung zu den Kohlehydraten, da sie hauptsächlich in solchen Pflanzenteilen getroffen werden, welche reich an Stärke, Zucker u. dgl. sind, wie die Kartoffeln, Runkelrüben, Weintrauben. Über die Rolle der Magnesiasalze ist nichts bekannt; hingegen wissen wir, dass das Eisen, wenn es auch nur in geringen Mengen angetroffen wird, unumgänglich notwendig zur Entstehung des Chlorophyllfarbstoffs ist. Pflanzen, welche sorgfältig ohne Eisen erzogen werden, bilden nach Erschöpfung ihres eigenen Eisenvorrats weiße Blätter; diese, chlorotisch oder bleichsüchtig genannt, erhalten ihre grüne Färbung unter Chlorophyllbildung alsbald, wenn man dem Boden Eisen zusetzt oder auch nur ihre Oberfläche mit einer sehr verdünnten Eisenlösung bestreicht.

Der Stickstoff, bekanntlich ein wesentlicher Bestandteil der Eiweißstoffe, entstammt ebenfalls zum Teil dem Boden, und zwar sind es salpetersaure Salze und Ammoniakverbindungen, welche von der Wurzel aufgenommen werden; der freie Stickstoff, welcher sehr reichlich in der Atmosphäre vorhanden ist, wird, wie neuere Versuche gezeigt haben, auch aufgenommen; es ist dies nachgewiesen für Pilze (Penicillium), mehrere Algen und auch für Phanerogamen der verschiedensten Familien. Wie diese Aufnahme des Stickstoffs erfolgt, ist zur Zeit noch unbekannt.

Die hier in Kürze mitgeteilten Resultate über die Notwendigkeit der aus dem Boden stammenden Nahrungsstoffe ergeben sich weniger aus den ihre allgemeine Verbreitung darthuenden Analysen von Pflanzenaschen, als vielmehr wesentlich aus Kulturversuchen mit künstlichen Nährlösungen. Fehlt in einer Nährstofflösung, welche übrigens nur wenige pro mille feste Substanz enthalten darf, nur ein einziger der für das Leben der Pflanze notwendigen Elementarstoffe, so kann die Pflanze ihre normale Entwickelung nicht erreichen.

Die für die Pflanze notwendigen Elementarstoffe sind beispielsweise in beiden folgenden Nährstofflösungen, aber auch in anderen ebenfalls möglichen in geeigneter Form enthalten:

1.	2.
Salpetersaurer Kalk	Salpetersaurer Kalk.
Salpetersaures Kali.	Salpetersaures Ammoniak.
Saures phosphorsaures Kali.	Schwefelsaures Kali.
Schwefelsaure Magnesia.	Phosphorsaure Magnesia.
Phosphorsaures Eisen.	Eisenchlorid.

Der Umstand, dass eine solche Nährstofflösung infolge der Kultur ihre Zusammensetzung verändert, somit häufig erneuert werden muss, zeigt, dass die Pflanze nicht alle Stoffe in gleicher Menge aufnimmt; ebenso ergeben Analysen verschiedener Pflanzen, welche im Freien auf demselben Substrate erwachsen sind, doch gewöhnlich eine verschiedene Zusammensetzung ihrer Asche. Dieses Verhalten, welches man als Wahlvermögen bezeichnet hat, erklärt sich daraus, dass je nach der Natur der Pflanzen die verschiedenen Stoffe in verschiedener Menge verbraucht werden und nach den Diffusionsgesetzen je nach dem Verbrauche auch die in die Pflanzenwurzel eintretende Quantität verschieden ist.

Die Notwendigkeit gewisser Aschenbestandteile für das Leben der Pflanze ist eine Thatsache, die für die Landwirtschaft hervorragende Bedeutung gewonnen hat. Alle Aschenbestandteile und die Stickstoffverbindungen werden jährlich durch die Ernte in bedeutenden Mengen von den Feldern hinweggeführt. Diejenigen, welche im Boden in verhältnismäßig geringer Menge vorkommen, wie Phosphorsäure, Kali und Stickstoffverbindungen, müssen wieder ersetzt werden, und dieser Ersatz ist die Aufgabe der Düngung.

Die oben erwähnte Methode der Wasserkulturen hat auch gelehrt, dass eine Anzahl von Elementen, welche teils häufiger, teils seltener in den Pflanzenaschen gefunden werden, für deren normale Existenz nicht notwendig sind; es gilt dies zunächst für das Natrium, Chlor, für Zink und Kupfer, welche von Pflanzen aus einem daran sehr reichen Boden aufgenommen werden, für Lithium, das sich in der Asche mancher Tabakssorten findet, für Jod und Brom, die in vielen Meerespflanzen (Algen) vorkommen.

Nächst dem Natrium ist von diesen unwesentlichen Aschenbestandteilen am weitesten die Kieselsäure verbreitet, welche in den Zellwänden mancher Pflanzen, wie der Bacillariaceen, Equiseten, vieler Gräser u. a., in besonders großer Menge abgelagert ist. Es erfolgt diese Anhäufung aber erst mit zunehmendem Alter der Organe; hieraus geht hervor, dass sie mit den chemischen Vorgängen der Ernährung unmittelbar kaum in Zusammenhang steht. Außerdem hat man Pflanzen, die sonst reich daran sind, zu anscheinend normaler Entwickelung gebracht, auch ohne dass sie Kieselsäure aufnehmen konnten.

§ 49. **Die Aufnahme des Kohlenstoffs (Assimilation).** Das Material, aus welchem die chlorophyllhaltige Pflanze ihren Kohlenstoff bezieht, ist einzig und allein die Kohlensäure der atmosphärischen Luft (oder für Wasserpflanzen auch die im Wasser enthaltene Kohlensäure), welche unter der Einwirkung des Lichts von den chlorophyllhaltigen Zellen zersetzt wird.

Setzt man eine Wasserpflanze in kohlensäurehaltigem Wasser dem Sonnenlichte aus, so bemerkt man alsbald, dass aus der Schnittfläche des Stengels oder Blattstiels in regelmäßigen Zwischenräumen Gasblasen aufsteigen (Fig. 111). Dieselben bestehen aus Sauerstoff. Die Kohlensäure wird nämlich in den Chlorophyllkörnern in der Weise zersetzt, dass ein Teil ihres Sauerstoffs an die Atmosphäre zurückgegeben wird, der Rest aber sich mit den Elementen des Wassers verbindet zu organischen Verbindungen, welche Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten, letzteren aber in geringerer Menge, als er in der Kohlensäure vorhanden ist. Da fast sämtliche Nahrungsstoffe der Pflanze sehr sauerstoffreiche Verbindungen sind, so geht hieraus schon mit Notwendigkeit hervor, dass bei der Ernährung der Pflanze große Mengen von Sauerstoff abgeschieden werden müssen. Die erste sichtbare organische Verbindung, welche wir als Produkt der Assimilation nachweisen können, ist bei den meisten Pflanzen die Stärke (§ 23), welche in Form kleiner Körnchen in den Chlorophyllkörnern auftritt; seltener findet sich dort an deren Stelle Zucker oder fettes Öl. Außer einer gewissen Temperatur ist die Mitwirkung des Lichtes bei diesem Prozesse unentbehrlich; im Dunkeln wird kein Sauerstoff ausgeschieden und ebensowenig ist die Bildung der Stärkeeinschlüsse in den Chlorophyllkörnern beobachtet; von den einzelnen Strahlen, welche das weiße Sonnenlicht zusammensetzen, sind diejenigen die wirksamsten. welche vom Chlorophyllfarbstoff in höchstem Maße absorbiert werden. Für die Kohlensäure-Zersetzung wirkt das gemischte weiße Licht kräftiger als jedes farbige für sich allein; die blauen und violetten Strahlen wirken weniger als die minder brechbaren (Rot-Grün) des Spektrums; das Maximum liegt wahrscheinlich im Rot.

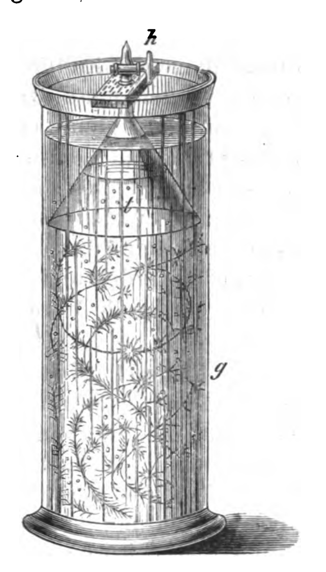


Fig. 111. Apparat, um den von der Wasserpflanze *g* ausgeschiedenen Sauerstoff zu sammeln. Das nach dem Öffnen des Hahnes *h* ausströmende Gas lässt sich an dem Aufflammen eines glimmenden Holzspanes leicht als Sauerstoff erkennen. (Nach *Pfeffer*.)

Auf anderem Wege wird von den grünen Pflanzen kein Kohlenstoff assimiliert; außer diesem Vorgange kennen wir in der Natur überhaupt keine Umwandlung der Kohlensäure in sauerstoffärmere organische Verbindungen, es stammt daher sämtlicher Kohlenstoff, auch in den organischen Verbindungen des tierischen Körpers, aus der in den Chlorophyllkörnern zersetzten Kohlensäure.

§ 50. **Der Stoffwechsel.** Die durch die Assimilation in den Chlorophyllkörnern gebildeten Stoffe sind das Material, von welchem die Bildung aller anderen organischen Stoffe in der Pflanze ausgeht; es geschieht dies

unter Mitwirkung der aufgenommenen Stickstoffverbindungen und Mineralbestandteile sowie des atmosphärischen Sauerstoffs. Die Stärkekörner (oder die äquivalenten Stoffe) werden immer wieder aufgelöst und aus den Chlorophyllkörnern fortgeführt; bei normalem Leben der Pflanze am Licht überwiegt die Neubildung über den Verbrauch; daher findet man die Stärkeeinschlüsse regelmäßig in den Chlorophyllkörnern; bringt man aber eine Pflanze ins Dunkle, so verschwinden die Stärkekörnchen nach und nach vollständig.

Von den Stoffen, die in der Pflanze erzeugt werden, sind diejenigen von hervorragender Bedeutung, aus welchen die Substanz der Membranen und des Protoplasmas gebildet wird; sie werden als Baustoffe bezeichnet.

Die Membranen bestehen aus Cellulose, welche ein Kohlehydrat ist; die Untersuchung hat gezeigt, dass Stärke, Zucker, Inulin und die Fette das Material für die Bildung der Cellulose liefern, also die Baustoffe der Membranen sind.

Das Protoplasma besteht wesentlich aus Eiweiß- (Protein-) stoffen; dieselben enthalten alle Stickstoff und Schwefel; solche Eiweißstoffe und andere stickstoffhaltige Verbindungen, wie das Asparagin, sind die Baustoffe für das Protoplasma und die ihm angehörigen Bildungen, wie die Chlorophyllkörner.

Diese durch die Assimilation erzeugten Baustoffe werden von den Assimilationsorganen, den Blättern, nach den Verbrauchsorten hin fortgeleitet; solche Verbrauchsorte sind zunächst alle wachsenden Teile, so die Vegetationspunkte der Stengel und Zweige, ebenso auch die weiter wachsenden Wurzeln. Bei den Holzpflanzen wird ein Teil der assimilierten Substanz zur Holzbildung verwendet und wandert dem entsprechend von der Krone gegen den Stamm eines Baumes zu; von der Quantität der assimilierten Substanz, somit auch von der Anzahl der Blätter, Äste und Zweige, hängt die Menge des sich bildenden Holzes ab, welche indes nicht nach der Jahresringbreite allein, sondern dem Zuwachs, d. h. dem Flächeninhalt der Jahresringe, zu beurteilen ist. Bäume, welche bis zur Basis mit blättertragenden Ästen besetzt sind, haben natürlich in ihren unteren Teilen mehr Material zur Holzbildung zur Verfügung, als in den oberen, daher ist die Form des Stammes dann nach oben stark konisch verjüngt, während lange astfreie Stämme sich der cylindrischen Form nähern.

Die Baustoffe werden aber nicht alle sogleich weiter verbraucht, sondern ein mehr oder minder großer Teil wird zeitweilig abgelagert, zuweilen auch für längere Zeit in besonderen Organen angehäuft, um erst später verbraucht zu werden; diese sind die Reservestoffe. Solche Organe, Reservestoffbehälter, sind alle Samen, welche fast immer außer dem Keimpflänzchen auch die für dessen erste Entwicklung nötige Nahrung enthalten, ferner die Knollen und verdickten Wurzeln, überhaupt die ausdauernden Teile mehrjähriger Pflanzen, bei den Stauden die Rhizome, bei den Bäumen und Sträuchern das Markstrahl- und Holzparenchym der Äste und des Stammes, bei den immergrünen Gewächsen auch die Blätter selbst.

Die Kartoffelknolle z. B. enthält bekanntlich große Mengen von Stärke; wenn

deren Knospen zu Trieben und neuen Pflanzen auswachsen, verschwindet die Stärke in demselben Maße, als neue Zellmembranen gebildet werden; in derselben Weise wird die Stärke der Getreidesamen, der Rohrzucker der Runkelrübe, das Inulin der Dahlienknollen, das fette Öl der Samen von Raps, Kürbis, Sonnenrose u. v. a. verbraucht, um die Membranen der neuen Pflanze zu bilden. Gewisse Zellschichten, besonders die Markstrahlzellen der Bäume, enthalten im Winter viel Stärke, welche beim Heranwachsen der neuen Triebe im Frühjahre aufgelöst und verbraucht wird. Auch Cellulose selbst findet sich als Reservestoff in den Samen der Dattel und anderer Palmen; die starken Verdickungen der Endospermzellen werden bei der Keimung aufgelöst und dienen zum Wachstum der Keimpflanze.

Die oben § 22 beschriebenen Proteinkörner sind die Form, in welcher die eiweißartigen Stoffe als Reserve im Samen niedergelegt sind.

Lässt man die Samen im Dunkeln keimen oder die Triebe aus anderen Reservestoffbehältern, wie Kartoffeln u. dgl., im Dunkeln sich entwickeln, so kann keine Assimilation stattfinden und sämtliche neugebildete Zellen sind auf Kosten der Reservestoffe herangewachsen; welchen Grad von Entwickelung eine solche im Dunkeln wachsende Pflanze erreicht, hängt von der Ausgiebigkeit der Reservenahrung ab, welche je nach den Pflanzenarten verschieden ist. Aus dem winzigen Samenkorn des Tabaks z. B. wächst im Dunkeln eine nur sehr kleine Keimpflanze heran, während die Kartoffelknolle, die Runkelrübe mächtige Pflanzen ernähren können.

Die als Reservenahrung abgelagerten Baustoffe werden durch Fermente in lösliche Verbindungen umgewandelt und gehen eine Reihe von Umwandlungen ein, bis sie ihr Endziel, die Cellulose oder die Eiweißstoffe des Protoplasmas, erreicht haben. Die Baustoffe der Membranen, mögen sie nun als Stärke, Rohrzucker, Inulin, fettes Öl oder Cellulose abgelagert sein, werden immer zum Teil in Traubenzucker verwandelt, dessen Lösung in den Parenchymzellen mittelst Diffusion an die Verbrauchsorte, die Bildungsstätten der neuen Zellen, hingeleitet wird; sehr häufig findet außerdem in den leitenden Geweben, vorzugsweise in den Strangscheiden, vorübergehende, transitorische Stärkebildung statt (§ 23).

Die Zwischenprodukte der eiweißartigen Reservestoffe sind wenig bekannt; ein großer Teil derselben wandert in den dünnwandigen langgezogenen Zellen des Phloems; bei einigen Pflanzen tritt als Zwischenprodukt Asparagin auf, welches im Parenchymgewebe fortgeleitet wird.

In derselben Weise, wie die Stärke der Reservestoffbehälter, wird die Stärke aus den Chlorophyllkörnern den Verbrauchsorten zugeleitet, zum Teil, um sofort zum Wachstum neuer Organe verwendet zu werden, zum Teil, um in den Reservestoffbehältern in einen der oben angeführten Stoffe sich umzuwandeln und aufbewahrt zu werden.

In den Pflanzen findet sich noch eine große Anzahl anderer Kohlenstoffverbindungen, welche nicht in unmittelbarer Beziehung zum Aufbau der neuen Zellen stehen; es sind dies N e b e n p r o d u k t e des Stoffwechsels, welche zum Teil als notwendige Zersetzungsprodukte bei der Umwandlung der Baustoffe entstehen, teils aber andere noch vielfach unbekannte Funktionen zu verrichten haben. Solche Nebenprodukte sind die Gerbstoffe, Farbstoffe, Säuren, Alkaloide, flüchtigen Öle u. s. w. Dieselben bilden sich auch

aus den Reservestoffen, welche somit niemals vollständig zum Aufbau neuer Organe verwendet werden.

Die Degradationsprodukte endlich sind Endglieder des Stoffwechsels, welche im Organismus keine weitere Verwendung erfahren und aus den organisierten Bestandteilen entstehen. Dahin gehören außer den oben § 38 genannten Sekreten die meisten Gummiarten; das Tragantgummi z. B., welches von mehreren Astragalusarten ausgeschieden wird, lässt noch die Organisation der Zellhäute, die aber sehr quellungsfähig geworden sind, erkennen; das Kirschgummi entsteht ebenfalls durch Verflüssigung von Zellhäuten, ist aber in Wasser nicht löslich; das arabische Gummi endlich, welches von Akazien abstammt, besteht aus so weit veränderten Membranen, dass es wirklich in Wasser löslich ist.

§ 51. **Die Aufnahme organischer Nahrungsstoffe.** Da nach dem oben § 49 Gesagten das chlorophyllhaltige Protoplasma das Organ für die Bildung organischer Substanz ist, so leuchtet ein, dass diejenigen Pflanzen, welche kein Chlorophyll besitzen, auch keine organische Substanz erzeugen können, sondern dieselbe fertig gebildet aufnehmen müssen; solche chlorophyllfreie Pflanzen sind z. B. sämtliche Pilze, von höheren Pflanzen Cuscuta, Orobanche, Monotropa, Neottia u. a.; wenn auch in einigen der zuletzt genannten geringe Mengen von Chlorophyll nachgewiesen wurden, so kommen diese für die Ernährung der betreffenden Pflanzen doch nicht in Betracht. Die fertig gebildeten organischen Verbindungen entnehmen nun die chlorophyllfreien Pflanzen entweder anderen lebenden Pflanzen oder Tieren, oder toten Resten von Organismen.

1. Diejenigen Pflanzen, welche ihre Nahrung Resten toter Organismen entziehen, heißen Saprophyten oder Fäulnisbewohner; solche sind z. B. sehr viele nicht perennierende Phanerogamen des Humusbodens, ferner viele ebendort vorkommende Pilze, die Schimmelpilze, welche in Pflanzensäften vegetieren, Saprolegnia, welche Tierleichen bewohnt u. a. Einige Pilze, wie die Hefenpilze, sowie auch viele chlorophyllfreie Schizophyten zeigen noch die Besonderheit, dass sie ihr Substrat nicht bloß im Verhältnis der für sie notwendigen Nahrungsaufnahme zersetzen, sondern durch Ausscheidung von Fermenten einen raschen Zerfall des Substrates, d. h. Gährung und Fäulnis, verursachen.

2. Manche Pflanzen zeigen die Eigentümlichkeit, dass sie mit andern Pflanzenarten gemeinschaftlich leben; ein solches Ineinandergreifen der Lebensthätigkeiten ungleichartiger Organismen, d. h. eine Verbindung derselben zu einem Zusammenleben, heißt Symbiose, die beteiligten Wesen selbst Symbionten. Die Symbiose ist antagonistisch, wenn der eine Symbiont den andern schädigt, indem er ihm organische Substanz entzieht. Diese Form der Symbiose ist gleichbedeutend mit dem, was man Parasitismus nennt. Findet jedoch eine gegenseitige Förderung der Symbionten statt, so spricht man von mutualistischer Symbiose oder Symbiose im engeren Sinne.

3. Die parasitisch lebenden Pflanzen oder Schmarotzer beziehen

ihre Nahrung gegenüber den Saprophyten aus lebenden Organismen; sie sind meistens an ganz bestimmte Nährpflanzen (Wirte) gebunden, so z. B. die Orobanchen, Rostpilze, besitzen besondere Organe und Einrichtungen. um mit dem Gewebe der Nährpflanze in Verbindung zu treten, so z. B. die Saugwurzel der Cuscuten, und verursachen gewöhnlich Erkrankungen oder Absterben ihrer Nährpflanze, indem sie ihnen zum mindesten Nahrungsstoffe entziehen, bisweilen aber auch krankhafte Wucherungen hervorrufen (Hexenbesen der Weißtanne, von einem Rostpilz, Aecidium elatinum, erzeugt). Seltener sind pflanzliche Parasiten in Tieren, so die krankheiterregenden Schizophyten, Pilze wie Empusa, Cordyceps in Insekten. Von diesen Parasiten können einige ihren Entwickelungsgang wenigstens teilweise auch in saprophytischer Lebensweise durchlaufen, so z. B. die ebengenannte Cordyceps. Es giebt auch Parasiten, welche reichlich Chlorophyll besitzen und demgemäß selbst organische Substanz bilden, so die Mistel, Viscum, welche auf verschiedenen Bäumen schmarotzt, die Rhinantheen, Thesium, deren Wurzeln durch eigentümliche Saugorgane mit den Wurzeln anderer Pflanzen verwachsen sind. Obwohl die Ernährungsverhältnisse dieser chlorophyllhaltigen Parasiten noch nicht genügend aufgeklärt sind, lässt sich doch die Vermutung aussprechen, dass sie außer der von ihren eigenen grünen Blättern assimilierten Substanz wenigstens die sonst dem Boden entnommenen Nahrungsstoffe in einer gewissermaßen vorbereiteten Form ihren Nährpflanzen entziehen.

Die parasitisch lebenden Phanerogamen (Cuscuta, Orobanche, Rafflesiaceen, Balanophoraceen u. a.) besitzen eine sehr weitgehende Reduktion ihrer Sprosse; ihre Blätter sind stark reduziert, und ihre Sprosse nehmen bisweilen abenteuerliche Gestalten an. Wegen des fehlenden Chlorophylls erscheinen sie von weißer, gelber bis brauner Färbung. In den extremsten Fällen hört sogar die Differenzierung in Wurzel, Spross und Blätter am Vegetationskörper auf, und nur an der Blüte ist noch die Verwandtschaft mit hoch organisierten Phanerogamen zu erkennen (vergl. Fig. 112).

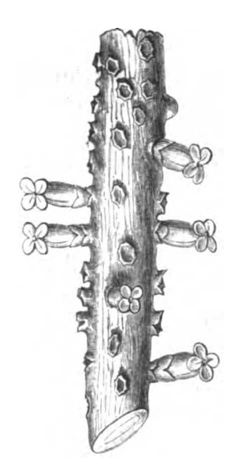


Fig. 112. Apodanthes Flacourtiae, auf Flacourtia schmarotzend. Der Spross ist auf zwei Niederblätter und eine Blüte reduciert. (Nach *Karsten*.)

Auch das Wurzelsystem der parasitischen Phanerogamen zeigt fast überall eine weitgehende Reduktion und zugleich eine Anpassung an die Aufnahme organischer Nahrung. Die Adventivwurzeln an den Stengeln von Cuscuta (Fig. 113) oder die feinen Nebenwurzeln der Rhinantheen und Thesium-Arten sind zu Haustorien metamorphosiert. Diese Organe sind exogen entstandene Wärzchen, welche dem Stengel oder der Wurzel der Nährpflanze fest ansitzen: in diesen entsteht der Saugfortsatz endogen; er durchbricht das Wärzchen und dringt in das Gewebe der Nährpflanze ein, wobei die fadenförmigen Zellen sich pinselartig in einzelne Fäden isolieren (Fig. 113).

4. Zu den interessanten Erscheinungen der Symbiose im engeren

Sinne gehört das Vorkommen von Nostoc-Arten in den Höhlungen kappenförmiger Blätter an der Unterseite des Thallus von Blasia; auch im Innern

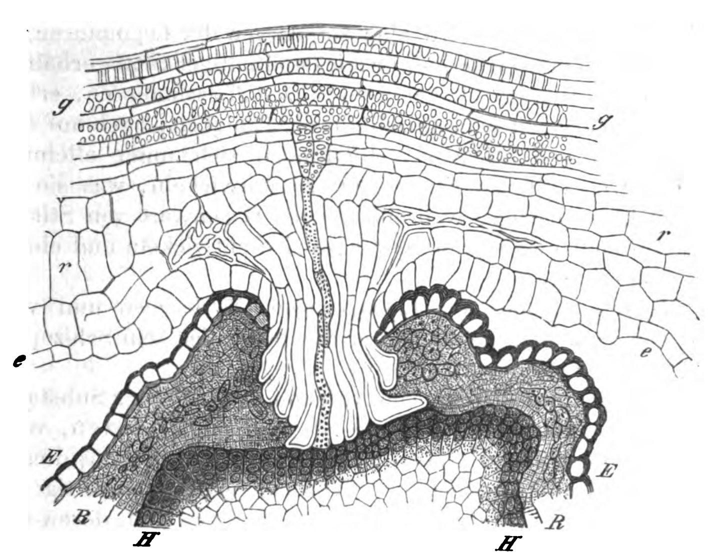


Fig. 113. Haustorium von Cuscuta Epilinum. *E* Epidermis, *R* Rinde, *H* Holz des Linumstengels; *e* und *r* die entsprechenden Gewebe von Cuscuta; *g* Gefäßbündel. (Nach *Sachs*.)

der Gewebe höherer Pflanzen (Gunnera, Lemna, Cycadeen) siedeln sich Nostocaceen an. Die als »Flechten« bekannten Ascomyceten stellen, wie im IV. Abschnitt gezeigt werden wird, eine Symbiose zwischen Pilzen und Algen dar.

In neuerer Zeit ist eine Symbiose zwischen den Wurzeln einiger Phanerogamen und gewissen Pilzen nachgewiesen worden; das dadurch entstehende Gebilde heißt **Mycorrhiza**. Sehr fein gegliederte Mycelfäden, wahrscheinlich Ascomyceten angehörig, bilden an der Oberfläche der feinen Wurzeln eine dichte, pseudoparenchymatische Schicht, und da selbst die Wurzelspitze von ihr dauernd überzogen wird, muss der Pilz mit dem Längenwachstum der Wurzel gleichen Schritt halten. Diese ektotrophische Mycorrhiza findet sich konstant bei den waldbildenden Coniferen, Fagaceen, Betulaceen, Salicaceen, Tilia und ist wahrscheinlich bei Bewohnern von Humus- und Haideboden weit verbreitet. Diesen Pflanzen werden durch den Pilz höchst wahrscheinlich die Humusbestandteile des Bodens nutzbar gemacht, während der Pilz von der Phanerogame vielleicht eine gewisse Ernährung oder auch nur einen geeigneten Entwickelungsboden erhält. Eine zweite Form ist die endotrophische Mycorrhiza, bei welcher der Pilz in den Zellen der Epidermis oder äußerer Rindenschichten lebt, in denselben Knäuel bildet und feine Fäden in den Humus entsendet (Ericaceen, Epacridaceen, Empetraceen, Neottia, Monotropa, Corallorhiza).

An die Mycorrhiza schließen sich die Wurzelknöllchen der Leguminosen an, das sind konstant auftretende, einzelne oder traubenförmig angeordnete Anschwellungen der Wurzel, welche unter dem Einfluss eines

Spaltpilzes (Rhizobium Leguminosarum) entstehen. Die Bildung unterbleibt, wenn die Leguminose in sterilisiertem Boden kultiviert wird. Der Schizophyt lebt in den parenchymatischen Zellen der Knöllchen, vermehrt sich außerordentlich reichlich, wird aber zuletzt von der Leguminose verzehrt, wodurch letztere eine reiche Zufuhr stickstoffhaltiger Stoffe erhält. Da die Leguminosen (§ 48) auch elementaren Stickstoff assimilieren, erlangen sie durch die Symbiose mit dem Rhizobium die Fähigkeit, auch auf Böden mit geringen Mengen von Stickstoffverbindungen sich unter alleiniger Verwertung des freien Stickstoffs der Luft zu entwickeln, was sie ohne die Symbiose nicht vermögen, während sie bei Gegenwart von Stickstoffverbindungen im Boden auch ohne Symbiose sich entwickeln und elementaren Stickstoff assimilieren.

Die Wurzelknöllchen der Elaeagnaceen, Myricaceen und von Alnus verhalten sich ganz analog, nur ist der Symbiont hier kein Schizophyt, sondern ein Fadenpilz (Frankia).

5. Eine eigentümliche Art von Aufnahme organischer Substanz zeigen endlich die sogenannten Insekten verdauenden Pflanzen, welche mit Hülfe ihrer Blätter kleine Tierchen fangen, festhalten und aus diesen stickstoffhaltige Bestandteile aufnehmen. Von den sehr mannigfaltigen Formen der Fangapparate sei hier beispielsweise Drosera erwähnt, deren Bläter am Rande und an der Oberfläche mit drüsigen Anhängseln (Fig. 114 *A*, *d*) besetzt sind. Diese Digestionsdrüsen sezernieren stets einen klebrigen fermenthaltigen Saft. Kleine Insekten bleiben daran kleben und verursachen einen Reiz des Anhängsels, welches sich infolgedessen nebst den übrigen einkrümmt (Fig. 114 *B*), so dass das Insekt nunmehr von allen Drüsen berührt wird: diese scheiden alsdann auch eine Säure aus,

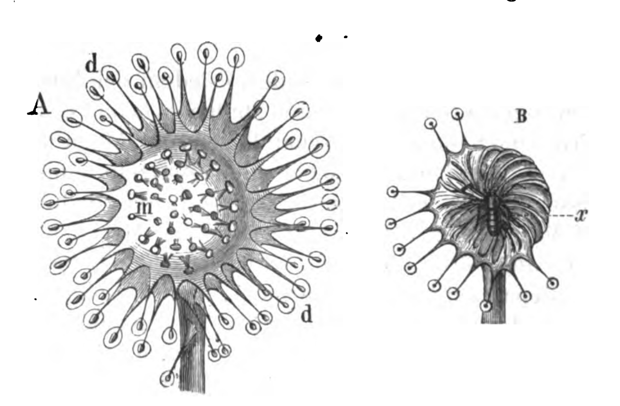


Fig. 114. Blatt von Drosera rotundifolia (4mal vergr.). *A* im ausgebreiteten Zustande, *d* die Anhängsel des Randes, *m* die kurzgestielten Drüsen des Mittelfeldes. *B* durch Berührung des Insektes *x* sind die Anhängsel größtenteils einwärts gekrümmt.

unter deren Mitwirkung die Eiweißstoffe durch das Ferment peptonisiert und in die Pflanze übergeführt werden; nur Fett und Chitin bleiben zurück. In letzterer Beziehung verhalten sich andere fleischfressende Pflanzen, wie Nepenthes, Utricularia, ebenso; nur die Einrichtungen zum Fange der Tierchen sind äußerst mannigfaltig, wie im IV. Teil näher ausgeführt werden wird.

§ 52. **Der Sauerstoff; Atmung.** Bei der Ernährung werden beständig große Mengen von Sauerstoffverbindungen in die Pflanze eingeführt; und

da die aus diesen Verbindungen entstehenden assimilierten Stoffe sauerstoffarm sind, wird bei der Assimilation ein sehr großer Teil dieses in Verbindungen enthaltenen Sauerstoffes abgeschieden und aus der Pflanze entfernt. — Im Gegensatz zu diesem Vorgange, welcher ausschließlich in den chlorophyllhaltigen Zellen und unter Mitwirkung des Lichtes stattfindet, nehmen nun aber alle Pflanzenteile und zu jeder Zeit, am Tage wie in der Nacht, aus der Atmosphäre Sauerstoff auf, um dafür Kohlensäure auszuscheiden. Dieser Vorgang ist die **Atmung**, welche man von dem entgegengesetzten Prozess der Assimilation streng zu unterscheiden hat. Dass die Pflanze, indem sie durch die Assimilation Kohlensäure zersetzt, und umgekehrt bei der Atmung Kohlensäure erzeugt, dennoch an Gewicht zunimmt und Kohlenstoffverbindungen in sich anhäuft, erklärt sich einfach daraus, dass eben die Atmung der Pflanzen für gewöhnlich eine sehr schwache, die Assimilation unter günstigen Umständen eine äußerst ausgiebige ist. Pflanzen, welche im Finstern wachsen, also keine Möglichkeit haben, zu assimilieren, müssen deshalb notwendig an Trockengewicht abnehmen und endlich durch Stoffverlust zu Grunde gehen. Die Stoffe, welche die bei der Atmung abgegebene Kohlensäure liefern, sind die Kohlehydrate, welche offenbar durch die Thätigkeit des Protoplasmas oxydiert werden. Die Atmung ist für das Leben der Pflanze unbedingt notwendig; in sauerstofffreier Atmosphäre unterbleiben die Lebensvorgänge; die Bewegungen des Protoplasmas stehen still; das Wachstum unterbleibt, die Reizbarkeit beweglicher Blätter (wie von Mimosa, Oxalis, s. § 60) erlischt; zuletzt tritt der Tod der ganzen Pflanze ein.

Fig. 115. Apparat zur Beobachtung der Selbsterwärmung kleiner, sich öffnender Blüten oder keimender Samen. Dieselben werden auf dem Trichter *r* möglichst dicht zusammengehäuft und dieser in ein unten Kalilauge (*l*) enthaltendes Gefäß (*f*) gesteckt. Dieselbe absorbiert die bei der Atmung gebildete Kohlensäure. Das Ganze wird mit einer Glocke (*g*) bedeckt, durch deren mit Baumwolle locker verstopften Hals ein feines Thermometer geführt wird, dessen Kugel zwischen den Objekten steckt. Die Temperatur wird in diesem Apparat höher sein, als in einem zweiten ebensolchen, zum Vergleich aufgestellten, in dem die Pflanzenteile durch Papierstücke u. dgl. ersetzt sind. (Nach *Sachs*.)

Die nachteiligen Folgen des Sauerstoffmangels zeigen sich sehr augenfällig an dem Absterben von Pflanzen, deren Wurzeln nicht genügend mit Luft in Berührung kommen; es ist dies der Fall, wenn durch zu reichliches Begießen die Zwischenräume zwischen den Bodenteilchen sich mit Wasser füllen, oder wenn, wie in den Straßen der Städte, der Boden zu fest ist, um eine genügende Luftzirkulation zu ermöglichen. — Pflanzen, welche normal in einem mit Wasser durchtränkten Boden wurzeln, wie alle Sumpfpflanzen, besitzen dem entsprechend im Inneren große Lufträume, die sich von den oberirdischen Teilen aus nach abwärts erstrecken und so den unterirdischen Teilen im Innern der Pflanze die nötige Luft, d. h. Sauerstoff zuführen.

Wie bei allen Oxydationsvorgängen wird auch in der Pflanze hierdurch

Wärme frei; da aber bei der Pflanze die Abkühlung durch andere Faktoren sehr begünstigt ist, wird für gewöhnlich keine Temperaturerhöhung durch die Atmung bemerkbar. Dieselbe tritt nur in einzelnen Fällen hervor, wo die Atmung sehr ausgiebig und die Abkühlung sehr beschränkt ist, so bei der Keimung von Samen, welche dicht beisammen liegen, wie z. B. die Gerstenkeime bei der Malzbereitung; dabei tritt eine erhebliche Erhöhung der Temperatur ein. In manchen Blüten (Araceen) hat man eine Selbsterwärmung von 4—5, selbst bis 10° C. über die Lufttemperatur beobachtet. In geeigneten Apparaten, wie Fig. 115, lässt sich eine solche Selbsterwärmung für kleine Blüten, sowie für keimende Samen leicht nachweisen.

In den wenigen Fällen endlich, in denen ein Leuchten (Phosphoreszenz) lebender Pflanzen sicher konstatiert wurde, wie bei mehreren Pilzen (z. B. Agaricus melleus), hängt dieses mit der Sauerstoffaufnahme zusammen; es findet nur statt, so lange der Pilz lebt und von sauerstoffhaltiger Atmosphäre umgeben ist.

Drittes Kapitel.

Das Wachstum.

§ 53. **Begriff des Wachstums.** Die Pflanzen und ihre Organe wachsen, d. h. sie nehmen an Volumen zu und verändern dabei ihre Gestalt, und zwar infolge innerer Vorgänge, welche bleibende Veränderungen hervorrufen. Ein welk gewordener Pflanzenteil, in Wasser gelegt, vermehrt auch sein Volumen, es ist dies aber kein Wachstum; denn wenn man ihm das Wasser wieder entzieht, kehrt er wieder auf seine frühere Größe zurück; es wird also keine bleibende Veränderung hervorgerufen. Anders verhält sich hingegen die Sache, wenn einem reifen Samen Wasser zugeführt wird; derselbe keimt, d. h. das in ihm eingeschlossene Keimpflänzchen wächst heran und aus dem Samen heraus; hier sind bleibende Veränderungen vor sich gegangen; wenn man auch das Wasser wieder entzieht, sind dieselben doch nicht wieder rückgängig zu machen.

Die inneren Vorgänge, welche diese bleibenden Veränderungen unmittelbar herbeiführen, bestehen der Hauptsache nach in der Einlagerung neuer fester Teilchen sowohl, als von Wasser in die wachsenden Zellwände durch Vermittelung des Protoplasmas, wobei der Turgor der Zellen eine wesentliche Rolle spielt.

Die gegenseitigen Beziehungen zwischen Wachstum und Zellteilung sind derartig, dass das Wachstum die primäre, die Zellteilung die sekundäre Erscheinung darstellt; denn erstlich giebt es einzellige Pflanzen (Fig. 39, S. 38), welche ohne begleitende Zellteilungen zu komplizierten Pflanzenformen auswachsen, und dann lässt sich für die mehrzelligen Pflanzen zeigen, dass das Auftreten jeder neuen Zellwand eines wachsenden Organs (beliebiger morphologischer Bedeutung) von dessen äußerer Gestalt und der

Verteilung des Wachstums abhängig ist. Die Teilungswand einer Zelle steht stets rechtwinklig auf der Richtung des vorhergegangenen stärksten Wachstums und teilt das Volumen derselben gewöhnlich in zwei gleiche Hälften (vergl. § 31).

Eine notwendige Bedingung des Wachstums ist das Vorhandensein von Baustoffen; damit ist aber nicht gesagt, dass eine wachsende Pflanze gleichzeitig Nahrungsstoffe aufnehmen, sich ernähren müsse; gewöhnlich werden die Nahrungsstoffe aus älteren, nicht mehr wachsenden Teilen einer Pflanze den jüngeren, wachsenden zugeleitet und dort verwendet; diese älteren Teile können nun Reservestoffbehälter sein, wie z. B. Kartoffelknollen, welche austreiben, oder es sind assimilierende Blätter, wie am deutlichsten bei den einjährigen Gewächsen, z. B. der Tabakspflanze; die ausgewachsenen Blätter assimilieren, und auf Kosten der Baustoffe wachsen die Stengel und jüngeren Blätter.

Das Wachstum wird durch innere Ursachen bedingt; es giebt Pflanzenteile, welche, wenn sie eine gewisse Größe und Form erreicht haben, überhaupt nicht mehr fähig sind zu wachsen, so z. B. die meisten Blätter; andere (z. B. die Knoten der Grashalme) können unter Umständen noch einmal zu wachsen anfangen. Der ganze Körper einer Pflanze aber erreicht, von einigen niedrig organisierten Formen abgesehen, niemals einen ausgewachsenen stationären Zustand, in welchem die Lebensprozesse sich nur noch auf Ernährung, auf Erhaltung der gebildeten Teile beschränken würden, wie bei den Tieren, sondern die Pflanze zeigt, so lange sie lebt, an gewissen Teilen immer noch Wachstumsprozesse; es ist ja auch die Anzahl der Glieder eines Pflanzenkörpers im allgemeinen unbegrenzt.

§ 54. **Die Phasen des Wachstums.** Die räumliche und zeitliche Verteilung der Wachstumsvorgänge lässt sich am einfachsten an einer wachsenden Wurzel beobachten. Trägt man an einer solchen (Fig. 116 *A*) Marken in gleichen Abständen auf und beobachtet dieselben etwa nach Verlauf eines Tages wieder, so sieht man (Fig. 116 *B*), dass diese Marken in ungleichem Verhältnis auseinander gerückt sind, dass das Wachstum nicht gleichmäßig verteilt ist. Während an der Spitze der Wurzel, ebenso wie in der weiter rückwärts gelegenen Region ein bemerkbares Wachstum nicht stattgefunden hat, war dieses in einer mittleren Strecke am lebhaftesten; hier sind die Marken am weitesten auseinandergerückt, nach beiden entgegengesetzten Richtungen hin nimmt die Ausgiebigkeit des Wachstums allmählich ab. Nun sind aber die beiden Regionen, in welchen ein Wachstum nicht stattgefunden hat, von sehr ungleicher Beschaffenheit. Die Region an der Spitze besteht (abgesehen natürlich von der Wurzelhaube) aus Urmeristem, die rückwärts der wachsenden Zone gelegene aus Dauergewebe, in welchem noch die Ausbildung der Gewebe-

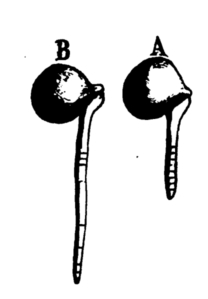


Fig. 116. Eine wachsende Keimwurzel der Erbse in zwei aufeinanderfolgenden Stadien, *A* früheres, *B* späteres Stadium.

elemente erfolgt. Ebenso wie hier, können wir sonach an jedem aus Gewebe bestehenden wachsenden Pflanzenteil drei verschiedene Regionen unterscheiden:

1. Das Urmeristem oder embryonale Gewebe (S. 56), in welchem Wachstum, d. h. Vergrößerung und Gestaltsänderung der Zellen nur in ganz geringem Maße stattfindet; die Zellteilungen erfolgen rasch nacheinander; hier findet auch die normale Anlage neuer Glieder statt.

2. Den in Streckung befindlichen Teil; hier erfolgt ausgiebiges Wachstum, wobei insbesondere der Saftraum der Zelle sich vergrößert, somit lebhafte Wasseraufnahme des wachsenden Gewebes stattfindet. Zellteilungen treten gewöhnlich noch ein, hier beginnt auch die Differenzierung der Gewebe.

3. Den ausgewachsenen Teil, in welchem kein Wachstum mehr erfolgt, wohl aber die innere Ausbildung der Gewebe ihrer Vollendung entgegengeht.

Es braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden, dass diese drei Zustände, die wir hintereinander antreffen, von jeder Zelle der Reihe nach durchlaufen werden. Jede im Urmeristem entstandene Zelle fängt langsam an zu wachsen, erreicht zu einer gewissen Zeit die größte Geschwindigkeit, um dann allmählich wieder aufzuhören zu wachsen. Da nun dies bei allen auf gleicher Höhe liegenden Zellen in gleicher Weise der Fall ist, so findet sich eine Strecke am wachsenden Teil, wo das Wachstum am ausgiebigsten ist, von welcher aus es nach beiden Seiten hin an Geschwindigkeit abnimmt.

Die Stengel, welche bedeutende Längen erreichen, verhalten sich bezüglich der gegenseitigen Lage dieser drei Regionen im ganzen und großen ebenso wie die Wurzeln, indem am Scheitel durch Teilung Zellgewebe gebildet wird, welches weiter nach rückwärts in Streckung übergeht, an den älteren Partien aber nicht mehr wächst. Wo jedoch scharf abgegliederte Internodien vorhanden sind, treten weitere Komplikationen dadurch ein, dass einmal die Knoten schon frühzeitig aufhören sich zu verlängern, während die Internodien noch längere Zeit fortwachsen, sowie dass ferner innerhalb eines jeden Internodinms wieder ähnliche Verschiedenheiten des Wachstums auftreten.

Die Blätter bestehen anfangs, wenn sie aus dem Urmeristem des Stammes hervorgehen, aus sich teilendem Urgewebe; dieses geht nun entweder überall ziemlich gleichmäßig, oder zumeist an der Spitze zuerst (z. B. Gräser), seltener an der Basis zuerst (z. B. Farne) in Streckung und Dauerzustand über; ein Vegetationspunkt für dauerndes Wachstum bleibt hier in der Regel nicht mehr übrig.

An den stetig fortwachsenden Pflanzenteilen, den Stengeln und Wurzeln, werden die embryonalen Gewebe durch die hinter ihnen erfolgende Streckung immer weiter auseinandergeschoben. Das junge, im Samen eingeschlossene Keimpflänzchen einer höheren Pflanze besteht z. B. ganz aus Urmeristem; dieses wird getrennt in das der Wurzel und das des Stengels, indem das zwischen den Scheiteln dieser beiden gelegene Gewebe in Wachs-

tum übergeht; dieselbe Abtrennung wiederholt sich bei jeder Verzweigung, und es ist sonach sämtliches an den Spitzen des Pflanzenkörpers verteilte Urmeristem seinem Ursprung nach auf das Urmeristem der Keimpflanze zurückzuführen, wie bereits oben S. 56 erwähnt wurde. Natürlicherweise hat inzwischen eine Vermehrung der Gesamtmenge des embryonalen Gewebes stattgefunden.

Was in Vorstehendem für die Mehrzahl der Pflanzen, deren Körper aus Zellgewebe besteht, ausgeführt wurde, gilt ebenso auch für solche, welche nur aus einer einzigen Zelle bestehen und dabei Längenwachstum besitzen. Auch hier zeigt Zellwand und Inhalt embryonalen Charakter am Scheitel, weiter rückwärts erfolgt die Streckung, noch weiter rückwärts findet keine Größen- und Gestaltsänderung mehr statt.

Jeder Pflanzenteil zeigt bezüglich der Geschwindigkeit seines Wachstums eine große Periode, d. h. er fängt langsam an zu wachsen, wächst zu einer gewissen Zeit am raschesten; von da ab erlischt das Wachstum allmählich, bis zuletzt das ganze Organ ausgewachsen ist. Abgesehen von der zunehmenden und abnehmenden Geschwindigkeit des Wachstums kommt auch die Dauer in Betracht, während welcher ein Pflanzenteil wachsen kann, und dessen Fähigkeit, eine bestimmte Länge zu erreichen. Man bemerkt z. B. sehr leicht, dass an den meisten Stengeln die untersten Internodien kurz bleiben, die nächstoberen größer sind, an einer gewissen Stelle des Stengels am größten und die obersten wieder kurz. Ebenso nimmt meistens auch die definitive Größe der zugehörigen Blätter von unten bis etwa zur Mitte zu und dann wieder ab.

§ 55. **Turgor und Gewebespannung in wachsenden Teilen.** Der Turgor ist eine wesentliche Voraussetzung des Wachstums, eine der wichtigsten Ursachen des Flächenwachstums der Zellwände. Welke Pflanzenteile wachsen überhaupt nicht. Gewebespannung ist infolge des Turgors ohnehin in jedem wachsenden Pflanzenteil vorhanden; sie wird aber selbst durch Verschiedenheiten im Wachstum der einzelnen Gewebeschichten hervorgerufen. Wenn man ein wachsendes Internodium (ebenso einen Blattstiel oder eine Rippe) der Länge nach halbiert, so klaffen die beiden Längshälften weit auseinander; es rührt dies daher, dass das Mark von allen Geweben am meisten zu wachsen, sich auszudehnen bestrebt ist, an der vollkommenen Ausdehnung aber durch die äußeren Gewebeschichten gehindert wird; die letzteren werden durch das stärker wachsende Mark gedehnt, sind passiv gespannt. An einer Wurzel verhalten sich die Längshälften gerade umgekehrt, dieselben werden gegeneinander konkav, weil hier der passiv gedehnte Fibrovasalstrang axil verläuft, vom parenchymatischen Gewebe rings umgeben wird. Mit den Längsspannungen sind notwendigerweise auch Querspannungen verbunden; die letzteren zeigen sich besonders deutlich an Stämmen mit Dickenwachstum, indem die Rinde durch die Thätigkeit des Cambiums gedehnt wird; ein abgelöster Rindenring klafft, lässt sich ohne große Kraftanwendung nicht mehr mit seinen Rändern über dem Holz zusammenschließen.

Eine besonders auffallende Wirkung des Turgors tritt an den eben ausgewachsenen Teilen der Wurzeln ein; dieselben verkürzen sich, wobei die Epidermis Querrunzeln erhält; dadurch werden Keimpflanzen, wohl aber auch die kurzen Stämme mit Blattrosetten, wie z. B. Taraxacum, Plantago u. a., in den Boden hinabgezogen. Hebt man durch Wasserentziehung den Turgor solcher Wurzeln auf, so verlängert sich die betreffende Strecke. Diese Thatsache erklärt sich dadurch, dass hier die Zellwände in der Querrichtung dehnbarer sind als in der Längsrichtung, sonach durch den Turgor eine Ausdehnung in der Querrichtung mit Verkürzung in der Längsrichtung hervorgerufen wird, während bei allen anderen wachsenden Teilen das umgekehrte Verhältnis, größere Dehnbarkeit in der Längsrichtung, stattfindet.

§ 56. **Ungleichseitiges Wachstum.** Sehr viele Pflanzenteile sind so organisiert, dass die verschiedenen Seiten nicht in gleichem Maße wachsen, ohne dass die äußeren Bedingungen dies verursachen würden; so wachsen z. B. die jungen Blätter anfangs auf ihrer unteren Seite stärker, so dass sie sich über dem Stammende zusammenlegen, während die spätere Entfaltung durch ein stärkeres Wachstum der Oberseite herbeigeführt wird. An den meisten Keimpflanzen bildet der Stengel unter seiner Spitze einen Bogen, so dass diese selbst mit den jungen Blättern gegen die Basis zurückgekrümmt ist; auch dies beruht darauf, dass die eine Seite des Stengels anfangs stärker wächst als die andere und daher konvex wird.

Indem die stärker wachsende Seite nicht immer die nämliche bleibt, werden durch dieses ungleichseitige Wachstum Bewegungen herbeigeführt, welche man als Nutationen bezeichnet. Findet die Bewegung bloß von hinten nach vorne, oder von rechts nach links statt, indem nämlich bald die hintere (rechte) Seite abwechselnd stärker wächst, und bald die vordere (beziehungsweise linke), so ist das die einfache Nutation; findet sie aber nach allen Seiten hin statt, indem nämlich alle Seiten nacheinander im Wachstum überwiegen, so kommt die revolutive Nutation zu stande.

§ 57. **Einfluss äußerer Bedingungen auf die Wachstumsvorgänge.** Es wurde bereits erwähnt, dass ein gewisser Wasservorrat zum Zustandekommen des Turgors nötig ist, sonach auch Voraussetzung des Wachstums ist; ebenso gilt bezüglich der Abhängigkeit der Wachstumsvorgänge von der Wärme das oben § 41 allgemein darüber Gesagte. Hingegen müssen die Einwirkungen der Schwerkraft und des Lichtes näher besprochen werden. Diese Kräfte beeinflussen sowohl die Bildung von Vegetationspunkten, als den Verlauf der Streckung, und rufen ferner, wie im nächsten Kapitel gezeigt werden soll, durch Änderung in ihrer Richtung Reizbewegungen an wachsenden wie ausgewachsenen Pflanzenteilen hervor.

Die Schwerkraft wirkt bei mehreren Pflanzen dahin, dass neue Sprossknospen an den aufwärts gerichteten Enden abgeschnittener Teile, Wurzeln an den abwärts gerichteten entstehen; es kommt dabei freilich auch die

innere Disposition der Pflanze in Betracht. Hinsichtlich der inneren Gestaltungskräfte zeigen die Stücke eines Stengels oder einer Wurzel eine Polarität, ähnlich wie das Fragment eines Magnetes, und demzufolge ist auch zwischen Wurzelpol und Sprosspol unterschieden worden.

Das Licht hindert vielfach, z. B. beim Epheu, die Wurzelbildung an der beleuchteten Seite und ruft sie an der Schattenseite hervor; durch die Beleuchtungsrichtung wird die Ausbildung der Seiten an dorsiventralen Prothallien, am Thallus von Lebermoosen u. dgl. bestimmt.

Die Abhängigkeit der Streckung von den äußeren Bedingungen ist insbesondere für das Licht der Erscheinung nach genauer bekannt, und zwar übt das Licht eine beeinträchtigende, retardierende Wirkung auf das Wachstum; es ist eine alte Erfahrung, dass Stengel, die sich im Finstern entwickeln, z. B. Kartoffeltriebe im Keller, viel länger werden, viel längere Internodien besitzen, als die normal am Licht wachsenden. Solche im Finstern erwachsene und daher in ihrer Form abnorm entwickelte Pflanzen werden als etioliert bezeichnet. Ihre Internodien sind sehr lang, die Blätter nicht grün, sondern gelb, meist viel kleiner, als die normalen; es rührt dies letztere von einer krankhaften Entwickelung her, da ja das Licht für andere Lebensvorgänge notwendig ist. Die retardierende Wirkung des Lichts äußert sich auch in einer täglichen Periodicität. Wenn nämlich die Temperatur möglichst konstant ist, so erreicht das Wachstum infolge der Dunkelheit in den Morgenstunden sein Maximum, nimmt unter dem Einfluss des Tageslichtes allmählich ab, um vom Eintritt der Dunkelheit an wieder zuzunehmen. Es gilt dies nicht bloß für die in konstanter Finsternis sich überverlängernden Stengel, sondern auch für die Blätter.

Viertes Kapitel.

Die Reizbewegungen.

§ 58. **Begriff der Reizbarkeit.** Als Reizbarkeit bezeichnet man die nur den lebenden Organismen eigentümliche Art, auf äußere Einwirkungen zu reagieren. Die Reizbarkeit, als Eigentümlichkeit des lebenden Organismus, wird durch das Protoplasma vermittelt; wir sehen bald direkt dasselbe durch eine äußere Einwirkung, durch einen Reiz, beeinflusst, so in den im § 59 zu erwähnenden Fällen; bald werden aber auch unter Mitwirkung anderer komplizierter Einrichtungen Bewegungen der Pflanzenteile veranlasst, welche teils ohne bleibende Veränderung an ausgewachsenen Pflanzenteilen stattfinden, teils mit bleibenden Veränderungen verbunden sind, d. h. als eine Beeinflussung des Wachstums auftreten. Die äußeren Einwirkungen, die Reize, sind Veränderungen in Richtung und Intensität der Beleuchtung, Änderungen in der Richtung, in welcher die Schwerkraft einwirkt, mechanische Berührungen und Erschütterungen, ferner einseitige

Erwärmung, einseitige Befeuchtung, die Strömungsrichtung des Wassers, sowie einseitige Einwirkung gewisser Stoffe. Es ist eine charakteristische Eigentümlichkeit der Reizbewegungen, dass verhältnismäßig schwache Reize, z. B. geringe Berührung, den Anstoß geben zu intensiven Bewegungen; auch ist die Wirkung des Reizes eine spezifische. Legt man z. B. einen wachsenden Spross horizontal, so wird die Schwere zunächst vielleicht ein Herabsinken der Spitze bewirken, wie an jedem leblosen biegsamen Gegenstande; ein Reiz der Schwerkraft liegt aber darin, dass die wachsende Zone dieses Stengels eine bleibende Krümmung nach aufwärts annimmt, während eine Wurzel, ebenso behandelt, eine Krümmung nach abwärts ausführt. Gewisse periodische Bewegungen vollziehen sich, ohne dass die äußeren Einwirkungen sich verändern; hier müssen wir eine innere Veränderung der Pflanzenteile annehmen. — Die Reizbewegungen erfolgen nur, wenn die Pflanze sich in normalem, reizbarem Zustande befindet; derselbe wird aufgehoben durch zu niedrige (Kältestarre), oder zu hohe (Wärmestarre) Temperatur, durch längeren Aufenthalt im Dunkeln (Dunkelstarre), durch Sauerstoffmangel u. s. w.

§ 59. **Reizbarkeit protoplasmatischer Gebilde.** Am klarsten tritt die Reizbarkeit als Eigenschaft des Protoplasmas da hervor, wo dieses selbst durch den Reiz entweder zu einer Bewegung veranlasst oder bezüglich der Richtung seiner Bewegung beeinflusst wird. Letzteres ist der Fall bei den Schwärmsporen und Planogameten der Algen und einiger Pilze. Dieselben bewegen sich, wie bereits oben S. 39 erwähnt, unter Drehung um ihre Längsachse vorwärts. Die Reizbarkeit zeigt sich darin, dass viele dieser Schwärmzellen, sowohl chlorophyllhaltige als chlorophyllfreie, sich mit ihrer Längsachse in die Richtung des einfallenden Lichtes stellen und bei mäßig starker Beleuchtung sich gegen die Lichtquelle hin bewegen; bei sehr intensiver Beleuchtung schwimmen sie von der Lichtquelle hinweg.

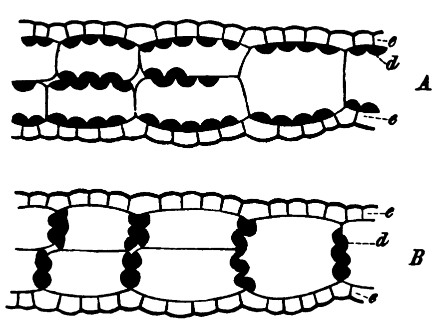


Fig. 117. Schematische Darstellung der Ortsveränderung der Chlorophyllkörner im Thallus von Lemna (in Querschnitten, vergr.); *e* Epidermis; *d* Chlorophyllkörner; *A* Stellung bei mäßiger Beleuchtung, *B* im Dunkeln und bei intensiver Beleuchtung. (Nach *Stahl*.)

Auf einer Bewegung des Protoplasmas beruht auch die Ortsveränderung der Chlorophyllkörner bei wechselnder Beleuchtung. An den einschichtigen Blättern der Moose und an Prothallien lässt sich leicht beobachten, dass bei mäßig starker Beleuchtung die Chlorophyllkörner sich an den Außenwänden, welche vom Lichte in ihrer Fläche getroffen werden, in einfacher Schicht lagern, bei Verdunkelung sich an die Seitenwände zurückziehen, mittelst deren die einzelnen Zellen aneinander grenzen. Ähnlich verhalten sich die Chlorophyllkörner in den mehrschichtigen Blättern höherer Pflanzen, im Thallus von Lemna

(Fig. 117); hier entfernen sie sich bei Verdunkelung, aber auch bei intensiver Beleuchtung von den Außenwänden des Chlorophyllparenchyms. Darauf ist auch die schon früher gemachte Beobachtung zurückzuführen, dass viele Blätter bei intensiver Beleuchtung eine hellere Färbung annehmen.

§ 60. **Die Schlafbewegungen der Laub- und Blumenblätter.** Ähnlich, wie die eben erwähnten Chlorophyllkörner je nach der Beleuchtung eine Licht- und eine Dunkelstellung annehmen, so finden wir auch an vielen Blüten- und Laubblättern zwei verschiedene, mit dem Wechsel der Beleuchtung periodisch eintretende Stellungen; die Tagstellung, bei welcher die einzelnen Teile im allgemeinen ausgebreitet sind (Fig. 118 *T*), und eine Nachtstellung, welche durch ein Zusammenlegen oder Zusammenschließen der einzelnen Teile charakterisiert ist (Fig. 118 *N*). Während wir aber die nächste Ursache für die Ortsveränderung der Chlorophyllkörner direkt in einer Bewegung des reizbaren Protoplasmas finden können, sind hier weitgehende Komplikationen vorhanden, die noch nicht vollständig im Einzelnen erkannt sind.

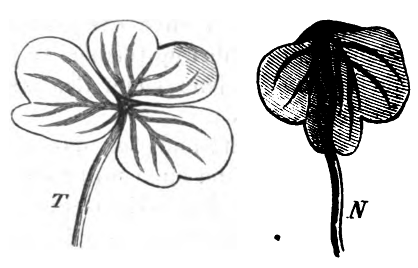


Fig. 118. Blatt von Oxalis in der Tag- (*T*) und Nachtstellung (*N*); in letzterer ist jedes der drei Blättchen an seiner Mittelrippe nach einwärts gebogen und zugleich abwärts gesenkt.

Bei den periodisch beweglichen Blumenblättern (z. B. Tulpe, Crocus, Adonis u. a.) beruht die Bewegung auf ungleichseitigem Wachstum, welches durch Änderungen der Temperatur und der Beleuchtung hervorgerufen wird; die sich streckende Zone dieser Blumenblätter liegt an deren Basis, und es wird durch steigende Temperatur und Beleuchtung die innere Seite zu stärkerem Wachstum veranlasst: die Blüte öffnet sich; hingegen bei Abnahme von Temperatur und Beleuchtung wächst die äußere Seite stärker: die Blüte schließt sich. Mit diesen periodisch sich öffnenden und schließenden Blüten ist die äußerlich ähnliche Erscheinung nicht zu verwechseln, dass die Blüten mancher Pflanzen (z. B. von Convolvulus) am Morgen sich öffnen, aber bis zum Abend abblühen und dann sich schließen, um sich natürlich nie wieder zu öffnen.

Die periodisch beweglichen Laubblätter dagegen besitzen an der Basis der beweglichen Teile besondere Bewegungsorgane, welche äußerlich als Gelenke oder Polster erscheinen, und in welchen die Stellungsänderung durch eine Ausstoßung des Wassers auf einer Seite veranlasst wird. Beispiele hierfür bieten z. B. Oxalis (Fig. 118), bei welchem die drei Teilblättchen in der Tagstellung flach ausgebreitet, in der Nachtstellung längs der Mittelrippe gefaltet und herabgeschlagen sind, die Blätter von Robinia, deren Fiederblättchen sich nachts mit ihren Oberseiten gegeneinanderlegen, Mimosa pudica, deren Fiederblättchen sich an den sekundären Blattstielen bei

Dunkelheit ebenso aneinanderlegen, während die sekundären Blattstiele, sowie der gemeinsame Blattstiel sich senken, Phaseolus, Marsilia u. s. w.

§ 61. **Mechanische Reizbarkeit.** Die eben erwähnten Blätter der Mimosa zeigen die oben geschilderte Nachtstellung nicht nur als Folge von Verdunkelung, sondern auch nach mechanischer Erschütterung. Bei sehr reizbaren Exemplaren genügt die leise Berührung der kleinen Härchen, welche sich an den Fiederblättchen finden, um die Nachtstellung herbeizuführen. Dabei kann man leicht beobachten, wie der beispielsweise an den äußersten Blättchen stattgefundene Reiz sich nach rückwärts auf die übrigen Blättchen und die Gelenke der Rippen und des Stieles langsam fortpflanzt; es geschieht diese Fortpflanzung des Reizes durch die Fibrovasalstränge. Nach einiger Zeit kehren die Blätter wieder in die Tagstellung zurück. In ähnlicher Weise sind auch die Blätter von Dionaea, die Staubblätter mancher Pflanzen in Berührung reizbar, so jene von Berberis, welche sich nach innen hin krümmen, jene vieler Compositen, welche sich infolge der Berührung verkürzen, u. a.

Nur kurz erwähnt sei, dass manche periodisch bewegliche Blätter ihre Stellungsänderung auch unter konstanten äußeren Bedingungen ausführen; so zeigt Mimosa den periodischen Wechsel zwischen Tag- und Nachtstellung auch dann noch, wenn sie in dauernde Dunkelheit verbracht wird; die Blättchen von Hedysarum gyrans führen fortwährend kreisende Bewegungen aus, die sich schon innerhalb 2—5 Minuten wiederholen.

§ 62. **Die Bewegungen der Ranken.** Während bei den in § 61 angeführten Fällen durch mechanische Berührung oder Erschütterung eine Bewegung ausgewachsener Teile hervorgerufen wird, veranlasst bei den Ranken (welche ihrer morphologischen Natur nach Blättern, Blatteilen oder Sprossen entsprechen) die Berührung mit der Stütze (Contactreiz) eine Änderung des Wachstums, und es erfolgen sonach bleibende Veränderungen, und zwar ist es hier nur die Unterseite, welche, so lange die Ranke noch im Wachstume begriffen ist, durch Berührung mit der Stütze gereizt und dadurch konkav wird. Da durch diese Krümmung immer wieder neue benachbarte Punkte der Unterseite mit der Stütze in Berührung kommen, so schreitet die Krümmung fort, bis der ganze freie Teil der Ranke sich um die Stütze gewunden hat. Der Reiz, der durch Druck und Reibung bewirkt wird, pflanzt sich auch auf das zwischen der Stütze und der Basis der Ranke liegende Stück derselben fort, welches sich korkzieherartig rollt und dadurch den Stengel näher an die Stütze heranzieht (s. S. 33 Fig. 33 *A*, *s*).

§ 63. **Geotropismus und Heliotropismus.** In § 59 und 60 haben wir einige Beispiele dafür kennen gelernt, dass ein Wechsel in der Intensität der Beleuchtung Reizbewegungen verursacht; bei den ebendort erwähnten Schwärmzellen war indes auch schon die Richtung der Lichtstrahlen maßgebend. Ähnlich finden wir nun, dass die wachsenden Pflanzenteile allgemein empfindlich sind für die Richtung, in welcher sie von der Schwer-

kraft sowie den Lichtstrahlen getroffen werden. Eine Änderung in dieser Richtung wirkt als Reiz und ruft durch ungleichmäßiges Wachstum eine Krümmung hervor, welche, da sie auf Wachstumsvorgängen beruht, eine bleibende ist. Wir können in dieser Beziehung zweierlei verschiedene Arten von Pflanzenteilen unterscheiden, nämlich orthotrope, welche ihre Längsachse in die Richtung der Längsstrahlen und des Erdradius zu stellen suchen, und plagiotrope, deren Längsachse eine andere, unten näher zu besprechende Richtung einnimmt.

Zunächst seien die Wirkungen der Schwerkraft und des Lichts auf wachsende orthotrope Pflanzenteile genauer betrachtet. Dass die Schwerkraft das Wachstum beeinflusst, ergiebt sich schon aus der einfachen Beobachtung, dass zahlreiche Stengel, die Bäume gerade aufwärts von der Erdoberfläche emporwachsen, und zwar an allen Punkten der Erdoberfläche in der Richtung des verlängert gedachten Erdradius; in derselben Weise wachsen die Hauptwurzeln gerade abwärts. Legt man einen wachsenden Stengel horizontal, so krümmt sich (Fig. 119 *s*) der von nun an wachsende Teil auf seiner Oberseite konkav, auf der Unterseite konvex, so dass das freie Ende aufwärts gerichtet wird und nachher senkrecht weiter wächst. In derselben Weise krümmt sich das wachsende Ende einer horizontal gelegten Wurzel abwärts (Fig. 119 *w*). Diese Krümmungen erfolgen stets in gleicher Weise, welche Seite des Stengels oder der Wurzel nach unten zu liegen kommen mag. Die Krümmung hat in beiden Fällen dann ihr Ende erreicht, wenn alle Seiten rings um die Längsachse in gleicher Weise von der Schwerkraft affiziert werden, und dies ist eben bei senkrechter Stellung der Fall. Diese Eigenschaft, in der besprochenen Weise auf die Schwerkraft zu reagieren, wird als Geotropismus bezeichnet, und zwar sind die Hauptwurzeln, welche der Schwerkraft folgen, positiv geotropisch, die aufrecht wachsenden Stengel negativ geotropisch. Lässt man in geeigneten Apparaten Keimpflanzen in einer horizontalen Ebene um einen Mittelpunkt rotieren, so folgt die Wurzel (ebenso wie unter gewöhnlichen Umständen der Schwerkraft) der Zentrifugalkraft, und wächst vom Mittelpunkt hinweg in Richtung des Radius nach außen, während der Stengel der Zentrifugalkraft entgegen, gegen den Mittelpunkt zu wächst. Dass die anziehende, richtende Kraft unter gewöhnlichen Umständen wirklich die Schwerkraft ist, geht nicht bloß aus der an allen Punkten der Erdoberfläche gleichmäßig mit dem Erdradius zusammenfallenden Richtung der betreffenden Pflanzenteile hervor, sondern wird noch durch den direkten Versuch bestätigt. In einem ganz langsam um eine horizontale Achse rotierenden Apparat nämlich sind die Pflanzen der Schwerkraft entzogen, da diese in jedem Moment

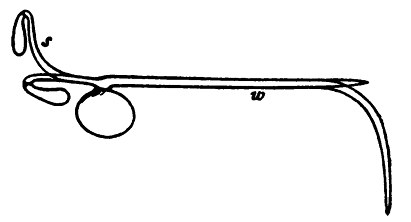


Fig. 119. Schwerkraftskrümmung einer horizontal gelegten Keimpflanze der Erbse. Die stärkere Kontur giebt deren ursprüngliche Lage an; der Stengel (*s*) hat sich während des Weiterwachsens aufwärts, die Wurzel (*w*) abwärts gekrümmt; die Spitze des Stengels zeigt eine von der Schwerkraft unabhängige Nutation.

in anderer Richtung wirkt und diese Wirkungen einander aufheben; in einem solchen Apparat nun wachsen Keimpflanzen, Wurzeln wie Stengel, nach allen beliebigen Richtungen.

Der Geotropismus ist auch an der Bewegung der windenden Stengel (z. B. Hopfen, Bohne, Winde, s. S. 33, Fig. 33 *B*) beteiligt, welche mit der oben (S. 116) erwähnten revolutiven Nutation begabt sind. Deren Spitze wird dadurch in einer aufsteigenden Spirale herumgeführt, welche anfangs flach und locker ist, nachträglich steiler und enger wird, wodurch der Stengel sich der von ihm erfassten Stütze fest anschmiegt. Dabei treten aus mechanischen Gründen Torsionen, d. h. Drehungen um die Längsachse ein. Die meisten Schlingpflanzen winden links, nur wenige, wie z. B. der Hopfen, winden rechts.

In ähnlicher Weise suchen sich orthotrope Pflanzenteile in die Richtung der Lichtstrahlen zu stellen; einseitig beleuchtete Stengel z. B. von Pflanzen, welche an einem Zimmerfenster stehen, krümmen sich innerhalb der wachsenden Region an der beleuchteten Seite konkav, an der gegenüberliegenden Seite konvex, und dieses ungleichseitige Wachstum geht erst dann wieder in gleichseitiges über, wenn alle Seiten des Stengels in gleicher Weise vom Lichte getroffen werden, d. h. wenn die Längsachse mit der Beleuchtungsrichtung zusammenfällt. Man nennt diese Eigenschaft der Pflanzenteile positiven Heliotropismus; seltener findet sich negativer Heliotropismus, d. h. die Eigenschaft, in der Beleuchtungsrichtung von der Lichtquelle weg zu wachsen, wie bei den meisten Wurzeln (Fig. 120). Man glaubte früher den positiven Heliotropismus daraus erklären zu können, dass infolge der oben angegebenen retardierenden Einwirkung des Lichtes einfach die Schattenseite des Stengels im Wachstum überwiegt; es stimmen aber mit dieser Theorie verschiedene Thatsachen nicht überein, und man nimmt daher an, dass das Licht ebenso wie die Schwerkraft einen Reiz ausübt und dadurch die Wachstumsrichtung beeinflusst. In der jüngsten Zeit wurden in der That Bewegungen des Protoplasmas gegen die konkav werdende Seite hin beobachtet.

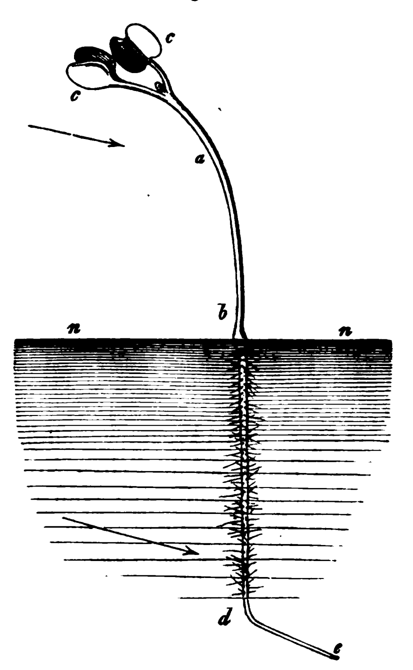


Fig. 120. Keimpflanze von Sinapis alba, in Nährlösung *n* kultiviert, mit positiv heliotropischem Spross und negativ heliotropischer Wurzel. Die Pfeile bedeuten die Richtung der Lichtstrahlen. (Nach *Frank*.)

Für einen im Freien befindlichen, von keiner Seite beschatteten Stengel wirken nun der positive Heliotropismus und der negative Geotropismus in

gleicher Weise dahin, dass der Stengel aufrecht emporwächst. Bei einseitiger Beleuchtung dagegen ist die Richtung, welche er annimmt, die Resultierende aus den beiden Richtungen, in welche ihn einerseits die Schwerkraft, andererseits die Beleuchtung zu stellen sucht, und es kommt hierbei wesentlich auf die Empfindlichkeit an, mit welcher die betreffende Pflanze auf die beiden richtenden Einflüsse reagiert. So kann es kommen, dass unter völlig gleichen Bedingungen, z. B. an einer Mauer, einem Waldrand, die Stengel der einen Pflanze gerade aufrecht wachsen, weil sie für Licht weniger empfindlich sind, diejenigen anderer sich fast völlig in die Beleuchtungsrichtung stellen, weil bei ihnen der Heliotropismus den Geotropismus fast völlig überwiegt.

An den orthotropen Stengeln oder sonstigen Pflanzengliedern stehen aber Seitenglieder, als Zweige, Blätter, Seitenwurzeln u. dgl., welche, wie die einfachste Beobachtung lehrt, andere Wachstumsrichtungen einschlagen; diese letzteren sind nicht orthotrop, sondern plagiotrop; ihre Achsen bilden stets Winkel sowohl mit der Beleuchtungsrichtung als mit der Lotlinie. Es braucht nun durchaus nicht angenommen zu werden, dass die Wirkung des Lichts und der Schwerkraft auf solche plagiotrope Pflanzenteile eine wesentlich andere wäre, als auf orthotrope; diese verschiedenen Stellungen erklären sich einfach daraus, dass außer den genannten äußeren richtenden Kräften noch innere Ursachen wirken, dass solche Teile aus inneren Ursachen ein ungleichseitiges Wachstum besitzen, oder ihre verschiedenen Seiten für die äußeren Kräfte in verschiedenem Grade empfindlich sind. Diese Verschiedenheit spricht sich häufig schon in ihrem Bau aus, indem hierher sämtliche dorsiventrale Pflanzenteile gehören; aber auch radiäre oder im engeren Sinne bilateral gebaute Teile können auf verschiedenen Seiten verschieden auf die richtenden Faktoren reagieren. Es tritt der Zusammenhang mit dem dorsiventralen Bau deutlich z. B. an den Blättern hervor, welche ihre Oberseite ungefähr rechtwinkelig zur Beleuchtungsrichtung zu stellen suchen; sie erreichen dies teils durch Drehungen und Krümmungen der Spreite, teils durch Drehungen der Stiele, ja selbst der Internodien. Ähnlich verhalten sich viele Lebermoose, Flechten u. a. Wenn auch die Mechanik der Vorgänge noch vielfach unklar ist, so steht doch soviel fest, dass alle Richtungen der Pflanzenteile die Resultierenden sind aus den Einflüssen des Lichts, der Schwere und den inneren Wachstumsursachen.

§ 64. Als **Thermotropismus** bezeichnet man die Eigenschaft wachsender Pflanzenteile, in ihrer Wachstumsrichtung durch einseitige Erwärmung beeinflusst zu werden; positiv thermotropisch, d. h. sich gegen die Wärmequellen zu krümmend, sind die Stengel der Maispflanze, negativ, d. h. sich hinwegkrümmend, die Keimstengel von Lepidium, die Fruchtträger von Phycomyces; die untersuchten Wurzeln von Mais, Erbsen und Linsen erwiesen sich bei hoher Temperatur negativ, bei niedriger positiv thermotropisch.

§ 65. **Hydrotropismus und Rheotropismus.** Das Wasser übt in zweifacher Weise einen Reiz auf wachsende Pflanzenteile und auf die Bewegung des Protoplasmas aus. Ist ein wachsender Pflanzenteil auf zwei entgegengesetzten Seiten einer ungleichen Feuchtigkeit ausgesetzt, so tritt der Hydrotropismus in die Erscheinung; positiv hydrotropisch sind die Wurzeln, die Wurzelhaare von Marchantia, indem sie sich auf der feuchteren Seite konkav krümmen, sich dem feuchten Substrat anschmiegen, die Plasmodien der Myxomyceten, indem sie den feuchteren Teilen des Substrates zuströmen; negativ hydrotropisch sind die Fruchtträger von Phycomyces und anderen Pilzen, indem sie sich auf der feuchteren Seite konvex krümmen, folglich sich senkrecht auf das feuchte Substrat stellen, die erwähnten Plasmodien dann, wenn sie sich zur Sporenbildung anschicken. Verschieden davon ist der Rheotropismus, der durch die Richtung der strömenden Flüssigkeit hervorgerufen wird. Die Plasmodien der Myxomyceten bewegen sich dem strömenden Wasser entgegen, die Wurzeln des Mais wachsen demselben entgegen, sind sonach positiv rheotropisch; hingegen sind die Hyphen von Mucorineen negativ rheotropisch, d. h. sie wachsen mit dem Wasserstrom gleichsinnig.

§ 66. **Chemische Reize** erfolgen durch ungleiche Verteilung gewisser Stoffe in der Umgebung. So sammelt sich das Plasmodium von Myxomyceten da an, wo reichlichere Nährstoffe vorhanden sind, und zieht sich von schädlichen Substanzen zurück; die beweglichen Bakterien bewegen sich in der Richtung der reichlicher vorhandenen Nährstoffe, auch des reichlicher vorhandenen Sauerstoffes hin, werden jedoch bei zu hohem Konzentrationsgrade abgestoßen. Die Spermatozoiden der Farne und Moose werden durch bestimmte, nicht gerade zur Ernährung dienende Stoffe, erstere durch Äpfelsäure, letztere durch Rohrzucker veranlasst, sich in der Richtung dahin zu bewegen, wo diese in größerer Menge (aber nicht zu hoher Konzentration) vorhanden sind. Ähnliche Wirkungen können auch für andere Zellen, besonders von Parasiten, die an bestimmtes Substrat gebunden sind, vermutet werden. Auch die durch gewisse, besonders stickstoffhaltige Stoffe veranlasste Reizbewegung der Haare von Drosera und ähnliche Fälle schließen sich hier an.

Dritter Teil.

Die Fortpflanzung.

---

§ 67. **Allgemeines.** Unter Fortpflanzung im weitesten Sinne kann man die Bildung neuer Individuen verstehen. Diese vollzieht sich in einfachster Weise z. B. dadurch, dass manche Sprosse sich verzweigen und von rückwärts her fortwährend absterben und verwesen, so dass die einzelnen Zweige nun ebensoviele vollständig isolierte Pflanzen darstellen. Künstlich kann man auch von vielen Pflanzen einzelne Zweige, auch Blätter abschneiden, welche sich unter geeigneten Bedingungen bewurzeln und als Adventivsprosse neue Pflanzen bilden. Bei den Thallophyten finden sich vielfach vorgebildete Organe, welche sich von der Mutterpflanze loslösen und neue Individuen erzeugen. Alle diese mannigfaltigen Vorgänge werden als vegetative Vermehrung oder ungeschlechtliche Fortpflanzung zusammengefasst. Ihr Wesen beruht darin, dass losgelöste Teile entwicklungsfähig sind und neue Individuen hervorbringen. Ihr gegenüber steht die geschlechtliche oder sexuelle Fortpflanzung; das Wesen derselben beruht in der Verschmelzung zweier Protoplasmamassen zu einem entwicklungsfähigen Produkt, während die sich vereinigenden Zellen (Sexualzellen, Gameten) allein, für sich, nicht entwicklungsfähig sind. Die Organe, welche die Sexualzellen bilden, heißen Geschlechtsorgane, Sexualorgane.

§ 68. **Die ungeschlechtliche Fortpflanzung.** Bei den höheren Pflanzen, den Phanerogamen, kennt man relativ wenige Fälle, wo prädestinierte, ungeschlechtlich erzeugte Vermehrungsorgane vorhanden sind, welche sich leicht von der Mutterpflanze loslösen; man kann sie im Allgemeinen als Vermehrungssprosse bezeichnen. Hierzu sind zu rechnen die Knollen, Brutzwiebeln und Ausläufer (vergl. S. 33), sowie viele Adventivsprosse. Bei den Muscineen kennen wir vielfache »Brutknospen«, welche die ungeschlechtliche Fortpflanzung besorgen, während bei den Thallophyten und Archegoniaten sehr verbreitet sind einzellige Gebilde, auf ungeschlechtlichem Wege erzeugt, die nach Trennung von der Mutterpflanze zu neuen Individuen sich entwickeln. Diese letzteren Fortpflanzungskörper heißen Sporen. Die Sporen entstehen

1. entweder im Innern anderer Zellen, oder Behälter, der Sporangien,

und heißen dann Endosporen; sie sind unbeweglich und mit einer Membran umgeben, oder sie zeigen eine aktive Bewegung, sind nackt und besitzen Geißeln oder Cilien, welche die Bewegung vermitteln. Solche Endosporen nennt man Schwärmsporen oder Zoosporen. Sie treten natürlich nur bei Organismen auf, die im Wasser leben;

2. durch Abschnürung (S. 50) an der Oberfläche von Thalluszweigen, auf besonders organisierten Trägern; dies sind die Exosporen, vielfach Conidien genannt.

§ 69. **Die geschlechtliche Fortpflanzung oder Befruchtung.** Die Vereinigung zweier Zellen, deren jede für sich allein nicht entwickelungsfähig ist, zu einem entwickelungsfähigen Produkt kann allgemein als Befruchtung bezeichnet werden. Die Befruchtungsvorgänge im Pflanzenreich sind je nach den Abteilungen ziemlich mannigfaltig, und wir werden im folgenden Teile wiederholt darauf zurückkommen müssen. Es sei daher hier nur in allgemeinen Zügen auf die verschiedenen Hauptformen, die wir unterscheiden können, aufmerksam gemacht.

1. Am klarsten ist der Befruchtungsvorgang da, wo zwei nackte Primordialzellen sich miteinander vereinigen, wie bei den meisten Algen und Archegoniaten.

a) Den einfachsten Fall finden wir in der sog. Konjugation oder Kopulation (S. 53), nämlich dann, wenn die beiden sich vereinigenden Zellen (Gameten) an Form und Größe nicht verschieden sind, somit eine Differenz ihres Geschlechts nicht erkennbar ist. Vielfach sind diese Zellen in gleicher Weise aktiv beweglich und in ihrer Organisation den Schwärmsporen durchaus ähnlich; außerhalb, oft in bedeutender Entfernung von ihrer Mutterpflanze kopulieren sie sich (Planogameten). In anderen Fällen tritt der sonst unbewegliche Protoplasmakörper aus benachbarten Zellen aus und vereinigt sich sofort (Desmidiaceen, viele Diatomeen; Aplanogameten); endlich können auch die Wände derjenigen Zellen, in welchen die Geschlechtszellen entstehen, zuerst einen Kanal bilden, und die Vereinigung der Protoplasmakörper erfolgt dann in diesem Kanal, oder in einer der beiden Zellhöhlungen (Spirogyra, s. Fig. 61 S. 53); in letzterem Falle ist dann eine der beiden Zellen unbeweglich und wenigstens hierin, wenn auch durch sonst nichts, von der anderen verschieden. In all diesen verschiedenen Fällen ist die Vereinigung der gleichwertigen Teile des Protoplasmakörpers evident, bei den Planogameten vereinigen sich die beiderseitigen farblosen Vorderenden gewöhnlich zuerst, hernach das übrige Protoplasma; über die Copulation der Aplanogameten von Spirogyra s. S. 53. Bei mehreren Algen kopulieren nur die in verschiedenen Mutterzellen entstandenen Planogameten miteinander.

b) Bei anderen Pflanzen (vielen Algen, sämtlichen Archegoniaten) ist außer der ungleichen Beweglichkeit auch eine erhebliche Verschiedenheit in Form und Größe der Geschlechtszellen vorhanden; wir unterscheiden dann eine weibliche Zelle, Eizelle oder Oosphäre, welche unbeweglich, vielmal größer als die männliche und im allgemeinen von kugeliger oder eiförmiger Gestalt ist; andererseits sind die männlichen Zellen, die



Spermatozoiden, aktiv beweglich, viel kleiner und von länglicher Gestalt. Die sehr bedeutende Größendifferenz zwischen Ei und Spermatozoid rechtfertigt den Ausdruck, dass letzterer in das Ei aufgenommen und dieses dadurch zur Weiterentwickelung befähigt, »befruchtet« wird (Oogame Befruchtung). Es ist mehrfach sicher konstatiert, dass durch die Aufnahme eines einzigen Spermatozoiden die Befruchtung vollzogen wird, wenn auch die gelegentliche Aufnahme mehrerer, also eine Vereinigung mehrerer Zellen nicht unmöglich erscheint.

Die Organe, in welchen die Spermatozoiden gebildet werden, heißen allgemein Antheridien; die Eizellen entstehen einzeln (seltener zu mehreren) in einer Mutterzelle, welche entweder für sich allein das weibliche Organ vorstellt und dann Oogonium genannt wird (Fig. 131 *B*), oder in einem höher differenzierten weiblichen Organ, dem Archegonium, enthalten ist. In der Regel erfolgt die Befruchtung innerhalb des weiblichen Organs; nur bei Fucus wird die Eizelle aus dem Oogonium nach außen entleert und dort befruchtet.

2. Bei einigen Pilzen und den Rhodophyceen sind beide sich vereinigende Zellen mit Membran umgeben. Bei den Zygomyceten wird die Wand zwischen den beiden sich vereinigenden Zellen resorbiert und dadurch deren Inhalt vereinigt; bei den Peronosporeen fließt der Inhalt aus der geöffneten männlichen Zelle zur Eizelle über. Bei Rhodophyceen wird die weibliche Zelle befruchtet durch isolierte, passiv bewegliche, mit Membran umgebene Zellen, die Spermatien (s. Fig. 137 *As*). Diese letzteren setzen sich an bestimmte vorgebildete, oft haarförmige Fortsätze (Trichogyne) der weiblichen Zelle an. Besonders merkwürdig ist, dass bei verschiedenen Rhodophyceen die befruchtete Zelle sich erst noch mit einer anderen Zelle vereinigt, bevor sie sich zum eigentlichen Geschlechtsprodukt entwickelt.

3. Bei den Phanerogamen ist nur die weibliche Zelle eine nackte Primordialzelle; als männliche Zelle fungiert hier der aus dem Pollenkorn erwachsende, mit Membran versehene Pollenschlauch, dessen Protoplasma keine Spermatozoiden erzeugt, sondern durch die Membran zur Eizelle übertritt; bei den Angiospermen durchwandert dieses männliche Protoplasma erst noch eine oder zwei andere Zellen. Der Zellkern des Pollenschlauches erscheint nach dieser Übertragung im Protoplasma der Eizelle wiederum, um mit deren Zellkern zu verschmelzen.

§ 70. **Das Geschlechtsprodukt; der Generationswechsel.** Eizellen, welche bei der Befruchtung nackte Primordialzellen sind, zeigen als erste Folge derselben die Bildung einer Cellulosemembran (die abweichenden Vorgänge bei den Gymnospermen sollen später erwähnt werden); ebenso auch die aus Vereinigung zweier gleicher Gameten hervorgegangenen Zellen. Entwickelt sich die befruchtete Eizelle sofort weiter, so heißt das Jugendstadium des daraus hervorgehenden Produktes Keim oder Embryo.

Wenn wir von einigen Fällen absehen, deren Vergleich mit der großen Mehrzahl einige Schwierigkeiten bietet, so können wir nach der Ausbildung des Geschlechtsproduktes folgende Reihe aufstellen:

1. Das Geschlechtsprodukt stellt eine einzelne, frei werdende, entwickelungsfähige Zelle vor, welche demnach als Spore zu bezeichnen ist und je nach ihrer Entstehung durch Konjugation oder aus einer differenten Eizelle Zygospore oder Oospore genannt wird. Dieselbe entwickelt sich entweder

a) zu nur einem einzigen neuen Individuum, so bei Spirogyra, Chara, Fucus;

b) durch Teilung während der Keimung zu mehreren neuen Individuen, so bei Volvox, Ulothrix, Coleochaete.

2) Das Geschlechtsprodukt entwickelt sich zu einer Sporenfrucht, Sporocarpium, d. h. einem mehrzelligen Körper, welcher von dem die Sexualorgane tragenden Pflanzenkörper verschieden ist, und dessen Zellen entweder sämtlich oder zum Teil zu Sporen (Fig. 137) werden; jede Spore vermag sich zu einem mit Sexualorganen versehenen Individuum zu entwickeln (Rhodophyceen, Moose). Bei letzteren ist die mit Sexualorganen versehene Pflanze ein flacher Thallus oder ein beblätterter Stamm; das Sporocarpium ist eine meist gestielte Kapsel, in deren Innerem die Sporen entstehen.

3. Das Geschlechtsprodukt wird zu einem gegliederten Pflanzenkörper, Sporophyt, welcher von der Geschlechtspflanze verschieden ist, selbst keine Geschlechtsorgane trägt, aber an bestimmten Stellen ungeschlechtlich erzeugte Sporen trägt. Diese entwickeln sich wieder zu Geschlechtspflanzen. Ein derartiger Entwickelungsgang kommt den Pteridophyten zu; das Farnkraut z. B. ist der Sporophyt, auf dessen Blättern in kleinen Sporangien die Sporen entstehen; die Spore entwickelt sich bei der Keimung zu einem kleinen Thallus, welcher die Sexualorgane trägt, sonach die Geschlechtspflanze vorstellt; aus der befruchteten Eizelle geht wieder die Farnpflanze hervor. An diese schließen sich, wie später ausführlich gezeigt werden soll, die Phanerogamen an, bei welchen die Geschlechtspflanze nicht mehr als selbständige Pflanze abgetrennt wird.

In den unter 2. und 3. aufgeführten Fällen erfolgt sonach im vollständigen Entwickelungsgange einer Pflanze eine zweimalige Fortpflanzung, eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche; der Entwickelungsgang einer Pflanze wird, mit anderen Worten, durch die geschlechtliche Fortpflanzung in zwei voneinander verschiedene Abschnitte, Generationen, zerlegt. Die geschlechtliche Generation wird dargestellt durch die sich geschlechtlich fortpflanzende Pflanze, z. B. bei den Moosen durch die Moospflanze, bei den Farnen durch den Thallus; die ungeschlechtliche Generation ist wohl geschlechtlich entstanden, pflanzt sich aber ungeschlechtlich durch Sporen fort, z. B. die Mooskapsel, die Farnpflanze; sie besitzt stets einen anderen Bau, als die erste Generation. Diese beiden Generationen stehen in dem Verhältnis der notwendigen Aufeinanderfolge, und diese sich wiederholende Abwechslung wird als Generationswechsel bezeichnet.

Von einem Generationswechsel kann streng genommen nicht mehr die Rede sein einerseits bei den Phanerogamen, deren Geschlechtsgeneration keine selbständige

Pflanze vorstellt, sondern in der Mutterpflanze eingeschlossen bleibt, andererseits bei den oben unter 1. aufgeführten Thallophyten, bei welchen die Eizelle nicht zu einer Mehrzahl von Sporen, sondern selbst direkt zur Spore wird, sonach eine besondere ungeschlechtliche Fortpflanzung nicht stattfindet.

Außer den Sporen, welche als wesentliche Glieder dieses Entwickelungsganges, des Generationswechsels, auftreten, werden vielfach an demselben Individuum, besonders häufig bei den Thallophyten, andere (ungeschlechtlich erzeugte) Sporen gebildet (§ 68), welche den Entwickelungsgang der einzelnen Pflanze erweitern, ohne dass sich dabei der Generationswechsel abspielt.

§ 71. **Verteilung der Fortpflanzungsorgane nach Individuen und Lebensdauer.** Pflanzen mit geschlechtlicher Fortpflanzung tragen die männlichen und weiblichen Sexualorgane entweder auf demselben Individuum vereinigt: *monöcische* (*einhäusige*) Pflanzen, oder auf verschiedene Individuen verteilt: *diöcische* (*zweihäusige*); in letzterem Falle giebt es also männliche und weibliche Individuen*). Als Beispiele monöcischer Pflanzen seien genannt Vaucheria, Saprolegnia, die meisten Moose, Pteridophyten, Nadelhölzer und Angiospermen; diöcisch hingegen sind z. B. in der Regel die Spirogyren, da die Konjugation normal zwischen Zellen verschiedener Fäden stattfindet, manche Moose (Marchantia, Arten von Fissidens), die Geschlechtsgeneration der heterosporen Pteridophyten, Taxus, die Weiden, Hanf u. a. Bei monöcischen Pflanzen kommt es nicht selten vor, dass trotz der Anwesenheit beider Geschlechter auf demselben Individuum doch eine wirksame Befruchtung nur dann erfolgt, wenn die sich vereinigenden Zellen von verschiedenen Individuen stammen, wie dies für viele Phanerogamen bekannt ist; eine Annäherung an dieses Verhältnis findet sich schon bei manchen Algen, wo nur die verschiedenen Mutterzellen entstammenden Planogameten konjugieren (Acetabularia).

Bei denjenigen Pflanzen, deren ungeschlechtliche Generation eine mehr oder minder selbständige Entwickelung erfährt, sind deren Individuen natürlich *geschlechtslos*, so die Früchte der Moose, die Pflanzen der meisten Pteridophyten; ebenso giebt es bei Thallophyten geschlechtslose Individuen, welche sich nur ungeschlechtlich fortpflanzen. Hiermit darf nicht verwechselt werden, dass jüngere Individuen geschlechtlicher Pflanzen ebenfalls geschlechtslos erscheinen, weil die Sexualität sowie die Fähigkeit zur Fortpflanzung überhaupt sehr häufig erst in späterem Alter sich einstellt.

Es ist ferner von Wichtigkeit, ob eine Pflanze nur einmal Fortpflanzungsorgane, seien dies nun geschlechtliche oder ungeschlechtliche, erzeugt und hiermit ihr Leben abschließt, oder ob diese Bildung sich im Lebenslauf des Individuums öfter, im allgemeinen unbegrenzt, wiederholen kann. Man unterscheidet hiernach hapaxanthe und polykarpische Pflanzen. Vergl. §. 12. S. 30.

---

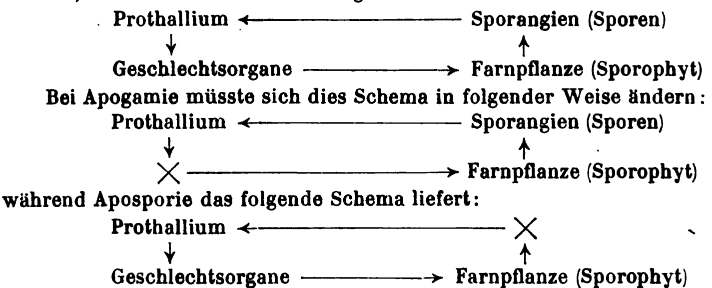
*) Der Kürze halber wendet man für männliche Pflanzen, Blüten u. s. w. das Zeichen ♂, für weibliche das Zeichen ♀ an; ☿ bedeutet zwitterig.

§ 72. **Parthenogenesis, Apogamie und Aposporie.** Von dem normalen Verlauf der geschlechtlichen Fortpflanzung kommen bei einzelnen Pflanzen Abweichungen in der Art vor, dass dasselbe Produkt, welches normal durch den Sexualakt entstehen sollte, ohne einen solchen zu stande kommt. *Parthenogenesis* wird derjenige Fall genannt, wo die Eizelle in völlig normaler Weise gebildet wird und ohne vorangegangene Befruchtung sich weiter entwickelt. Ein unbestrittenes Beispiel echter Parthenogenesis bietet Chara crinita, welche Species überhaupt fast niemals männliche Organe entwickelt.

Wesentlich verschieden hiervon ist die *Apogamie*, nämlich die Erscheinung, dass die Sexualorgane nicht gebildet werden oder wenigstens nicht funktionieren, sondern das Gebilde, welches normal Geschlechtsprodukt sein sollte, durch Sprossung aus der Mutterpflanze hervorgeht. So entsteht bei einigen Farnen (Pteris cretica, Aspidium filix mas, A. falcatum, Todea africana) die beblätterte, sporenbildende Pflanze, welche normal aus der befruchteten Eizelle der Geschlechtspflanze hervorgehen sollte, direkt durch Sprossung aus dem Gewebe der Geschlechtspflanze, so bei einigen Phanerogamen (z. B. Hosta, Notoscordon, Citrus, Alchornea, Evonymus, Mangifera) Embryonen anstatt aus einer Eizelle, durch Knospung aus dem den Embryosack umgebenden Gewebe (*Nucellarembryonen*). In weiterem Sinne kann man hierher alle Fälle rechnen, in denen eine Pflanze überhaupt keine oder nur höchst selten Sexualorgane entwickelt, sondern nur auf ungeschlechtlichem Wege sich fortpflanzt, so z. B. manche Moose, deren Früchte noch unbekannt sind, viele Pilze, manche Allium-Arten.

Eine analoge Erscheinung, ist die *Aposporie*, das Überspringen der ungeschlechtlichen Sporenbildung bei wenigen Farnen (Athyrium filix femina, Aspidium angulare), deren Geschlechtspflanzen aus dem Gewebe des Sporophyten hervorgehen; bei Moosen kann dieses Verhalten künstlich hervorgerufen werden, indem Stücke von Fruchtstielen auf feuchtem Substrat wieder die Anfänge der Geschlechtspflanze aus sich hervorgehen lassen.

Legt man den bei den Farnkräutern vorkommenden Generationswechsel zu Grunde, so kann derselbe durch folgendes Schema erläutert werden:



§ 73. **Hybridität.** Es ist im Vorigen vorausgesetzt worden, dass die sich vereinigenden Geschlechtszellen der nämlichen Pflanzenart angehören. Wenn nun auch eine Befruchtung zwischen Pflanzen aus verschiedenen

größeren Gruppen des Systems unmöglich ist, so kommt es doch nicht gerade selten vor, dass Geschlechtszellen, von zwei nahe verwandten Arten abstammend, ein entwickelungsfähiges Produkt liefern. Doch wirken außer der Nähe der Verwandtschaft noch andere unbekannte Faktoren mit; während z. B. zwischen dem nahe verwandten Apfel- und Birnbaum eine Befruchtung nicht möglich ist, findet eine solche statt zwischen zahlreichen Arten der Gattungen Salix, Cirsium, Rosa, Hieracium u. a., ohne dass die sich am leichtesten gegenseitig befruchtenden auch gerade die nächsten Verwandten wären. Auch zwischen Arten, welche zu verschiedenen Gattungen gehören, hat man Bastarde erzielt oder beobachtet (z. B. bei Orchideen, Gräsern). Das durch die Befruchtung zwischen verschiedenen Arten entstandene Produkt zeigt in seinen Eigenschaften eine Mischung der Eigenschaften seiner beiden Stammpflanzen, bringt jedoch auch neue Eigenschaften in die Erscheinung und heißt Bastard oder hybrid. Man hat insbesondere bei zahlreichen Phanerogamen solche Bastarde künstlich erzeugt oder beobachtet, und dabei gefunden, dass in vielen Fällen die sexuelle Fähigkeit des Bastards geschwächt ist, insbesondere die männlichen Zellen, die Pollenkörner mangelhaft ausgebildet und nicht funktionsfähig sind; ähnlich sind auch die Sporen mancher ihren Eigenschaften nach für Bastarde zu haltenden Farne und Equiseten verkümmert; von anderen Kryptogamen hat man bei den Moosen Bastarde zu finden geglaubt, bei einer Alge (Fucus) wurde die Eizelle künstlich mit den Spermatozoiden einer verwandten Art befruchtet und entwickelte sich auch weiter.

Bei den Angiospermen sind nicht nur Bastarde zwischen zwei Arten (A und B) beobachtet worden ($A \times B$), sondern die daraus hervorgegangene Pflanze kann mit einer dritten gekreuzt werden. So hat man bei den Weiden künstliche Bastarde erzogen, an deren Bildung sechs Arten sich beteiligen, z. B. Salix [daphnoides × Caprea] × [(purpurea × viminalis) × (Lapponum × silesiaca)]. Im Allgemeinen wird die Unfruchtbarkeit des Bastardes immer größer, je mehr Arten sich in ihm vereinigen. Durch wiederholte Kreuzung des Bastardes ($A \times B$) mit einer der Stammarten (A) ($[A \times B] \times A$) kann der Bastard allmählich wieder in jene Art zurückgeführt werden.

Vierter Teil.

Systematische Übersicht des Pflanzenreiches.

Einleitung. Bei einer systematischen Einteilung der Pflanzen kann man auf zweierlei Weise verfahren. Entweder will man nur die große Zahl der verschiedenen Pflanzenformen nach irgend einem Prinzip so einteilen, dass überhaupt durchgreifende Ordnung entsteht, vermittelst deren man im stande ist, jeder Pflanze einen Platz anzuweisen und sie wiederzufinden. Derartige Systeme (früher vielfach aufgestellt) führen den Namen künstliche Systeme. Es wird hierbei das Einteilungsprinzip mehr oder weniger willkürlich im voraus bestimmt, ohne Rücksicht darauf, ob bei der so getroffenen Einteilung auch immer die wirklich verwandten Pflanzenformen zusammenkommen, die weniger verwandten auseinandergehalten werden. Das bekannteste derartige System ist das sogenannte Sexualsystem von Linné, welcher die Pflanzen nach der Zahl und Verwachsungsweise der Sexualorgane einteilte. Dieselben waren aber zu seiner Zeit nur für die Phanerogamen bekannt; für die große Zahl der niederen Gewächse, welche bei Linné gleichsam nur als Anhang erscheinen, lässt sich dieses Prinzip nicht durchführen.

Das natürliche System, für dessen Entwickelung gerade die genauere Kenntnis der Fortpflanzung der niederen Pflanzen von der höchsten Bedeutung war, hat die Aufgabe, die Pflanzen nach ihren inneren Verwandtschaften zusammen zu ordnen; da diese aber von der Natur ein- für allemal gegeben sind, hängt die Aufstellung des natürlichen Systems nicht von der Wahl eines willkürlichen Einteilungsprinzips ab, sondern ist bedingt durch den Stand unserer Kenntnisse dieser inneren Verwandtschaften. Dieselben sprechen sich vorwiegend in der Struktur und den sonstigen Eigenschaften der Fortpflanzungsorgane, sowie in den Beziehungen der Fortpflanzung zum Generationswechsel aus.

Dies gilt allerdings nur für die Aufstellung der größeren Abteilungen des Pflanzenreichs; innerhalb jeder einzelnen Abteilung aber kann sich die Verwandtschaft bald in dieser, bald in jener Weise kenntlich machen, ohne dass man im stande wäre, allgemeine Regeln für die Feststellung näherer Verwandtschaften aufzustellen.

Da die Forschungen über diesen Gegenstand noch lange nicht abgeschlossen sind, so ist auch das natürliche System noch nicht vollkommen ausgebildet; die verschie-

denen übersichtlichen Darstellungen, welche man als solche bezeichnet, sind daher nur mehr oder minder vollkommene Annäherungen an die Wahrheit. Somit kann auch das hier in Folgendem zu Grunde gelegte System nicht als das einzig richtige betrachtet werden; es wurde nur deshalb gewählt, weil die hier gegebene Einteilung dem gegenwärtigen Stand der Morphologie und Verwandtschaftslehre am besten zu entsprechen scheint.

Danach ist im Nachstehenden folgendes System zu Grunde gelegt:

Abteilung I. **Die Myxomyceten.** *Chlorophyllfreie Organismen, deren Vegetationskörper ein Plasmodium ist, mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung.*

Abteilung II. **Die Thallophyten.** *Mit Membran versehene Zellenpflanzen von sehr einfachem Bau (Thallus), meist ohne Sonderung von Blatt und Stamm, ohne echte Wurzeln und Gefäßbündel. Fortpflanzung geschlechtlich und ungeschlechtlich.*

1. Klasse. Schizophyten.
2. - Peridineen.
3. - Bacillariaceen.
4. - Algen.
5. - Fungi, Pilze.

Abteilung III. **Die Archegoniaten.** *Mit Membran versehene Zellenpflanzen, deren Sprosse meist eine Gliederung in Blatt und Stamm zeigen, mit zwei Generationen, einer geschlechtlichen, Archegonien und Antheridien tragenden, und einer ungeschlechtlichen, Sporen erzeugenden Generation; letztere bleibt mit der geschlechtlichen Generation längere Zeit in Verbindung und wird von ihr ernährt.*

1. Klasse. *Die Bryophyten. Aus der Spore entsteht eine meist in Stamm und Blatt gegliederte, aber der Gefäßbündel und Wurzeln entbehrende Pflanze, welche die Sexualorgane trägt; aus der befruchteten Eizelle wird eine sporenbildende Kapsel.*

1. Unterklasse. Lebermoose (Hepaticae).
2. - Laubmoose (Musci).

2. Klasse. *Die Pteridophyten. Aus der Spore entsteht ein kleines Prothallium, welches die Sexualorgane trägt; aus der befruchteten Eizelle wird die in Stamm, Blatt, Wurzeln gegliederte Pflanze mit Gefäßbündeln, welche wieder Sporen erzeugt.*

1. Unterklasse. Filicinen.
2. - Equisetinen.
3. - Lycopodinen.

Abteilung IV. **Phanerogamae.** *In Stamm und Blatt gegliederte Pflanzen mit verdecktem Generationswechsel.*

1. Klasse. *Die Gymnospermen. Die aus der befruchteten Eizelle hervorgehende Pflanze ist in Stamm, Blatt und Wurzeln gegliedert und besitzt Gefäßbündel; die aus den*

Sporen entstehenden Prothallien leben nicht selbständig, sondern auf der Mutterpflanze: erst der durch Befruchtung entstandene Embryo wird eingeschlossen im Samen abgeworfen.

1. Unterklasse. Cycadeen.
2. - Coniferen.
3. - Gnetaceen.

2. Klasse. *Die Angiospermen. Gliederung und Samenbildung wie bei vorigen; aber es werden keine Prothallien gebildet.*

1. Unterklasse. Monokotyledonen.
2. - Dikotyledonen.

Die oben angeführten Gruppen sind von sehr ungleichem Umfang; während einzelne (z. B. die Equisetinen) nur wenige, zum Teil einander sehr nahe verwandte Formen enthalten, finden sich in anderen (z. B. bei den Dikotyledonen, den Pilzen) eine ungeheure Anzahl, viele Tausende verschiedener Formen; diese Ungleichheit liegt im Wesen des natürlichen Systems begründet; denn einerseits ist es ja nicht notwendig, dass innerhalb eines durch eine Klasse repräsentierten Bildungstypus sich eine große Mannigfaltigkeit entfalte; andererseits darf man mit Grund annehmen, dass die jetzt lebenden wenigen Repräsentanten mancher Klassen nur spärliche Überreste zum Teil untergegangener mannigfaltiger entwickelter Abteilungen sind.

Diejenigen Unterklassen, welche eine hinreichende Zahl von Formen enthalten, werden noch in Unterabteilungen eingeteilt, nämlich in Reihen, diese in Ordnungen (Ordines), diese in Familien (Familiae), diese in Zünfte (Tribus). Doch herrscht in der Anwendung dieser Namen auf die verschiedenen Unterabteilungen große Willkür. Die beiden engsten systematischen Begriffe, die Gattung (Genus) und die Art (Species), dienen zugleich zur Bezeichnung des Namens jeder einzelnen Pflanze. Zu einer Art rechnet man alle diejenigen Individuen, welche untereinander so übereinstimmen, als ob sie die unmittelbaren Nachkommen eines Individuums wären. Geringe Verschiedenheiten innerhalb einer Art, welche aber doch bei ihrer Fortpflanzung sich konstant erhalten können, führen zur Unterscheidung von Varietäten. Mehrere Arten, welche untereinander so auffallend übereinstimmen, dass sie gewöhnlich schon durch ihre Gesamterscheinung sich als nahe verwandt darstellen, werden zu einer Gattung zusammengefasst. Die Umgrenzung der Gattungen ist dem entsprechend keine feste, sondern nach der Auffassung des Einzelnen veränderlich. Innerhalb größerer Gattungen werden die Arten wieder zu Untergattungen (Subgenera) gruppiert.

Der wissenschaftliche Name jeder Pflanze besteht nach der durch Linné eingeführten Namengebung aus zwei Worten, deren erstes die Gattung, deren zweites die Art bezeichnet; so sind z. B. Plantago maior und Plantago lanceolata zwei Arten der Gattung Plantago. Da oft dieselben Pflanzen, zumal in früheren Zeiten, von verschiedenen Botanikern mit verschiedenen Namen und andererseits verschiedene Pflanzen mit dem gleichen Namen belegt worden sind, so ist es, um Verwechslung zu vermeiden, in wissenschaftlichen Werken nötig, dem Namen der Pflanze noch den Namen desjenigen Botanikers, des Autors (und zwar die häufigeren in Abkürzung), beizusetzen, der ihr diesen Namen gegeben hat. So bedeutet z. B. Plantago lanceolata L., dass Linné der Pflanze diesen Namen gegeben hat, und zugleich, dass wirklich die von Linné beschriebene Pflanze gemeint ist. Oder z. B. die Edeltanne heißt Abies pectinata DC. (De Candolle), während dieselbe Pflanze von Linné in die Gattung Pinus mit dem Namen Pinus Picea L. gestellt worden war; diese beiden Namen sind also gleichbedeutend, synonym.

In welcher Weise jeder Pflanze ihr Platz im natürlichen Systeme angewiesen ist, zeigen folgende Beispiele.

1. Abteilung: Phanerogamae.
Klasse: Angiospermen.
Unterklasse: Dicotyledones.
Reihengruppe: Sympetalae.
Reihe: Tubiflorae.
Familie: Plantaginaceae.
Gattung: Plantago.
Art: maior.

2. Abteilung: Thallophyten.
Klasse: Fungi.
Unterklasse: Basidiomycetes.
Reihe: Autobasidiomycetes.
Ordnung: Hymenomycetes.
Familie: Agaricaceae.
Gattung: Amanita.
Art: muscaria.

Abteilung I.

Myxomycetes, Schleimpilze, Pilztiere.

Chlorophyllfreie Pflanzen, deren Vegetationskörper eine membranlose Protoplasmamasse ist; die Sporen entstehen im Inneren von Sporangien, seltener frei.

Die dieser Abteilung angehörigen Organismen weichen in vielen Punkten von allen übrigen Pflanzen weit ab. Sie bilden während ihrer Vegetationszeit keine Zellen oder Gewebe, sondern kriechen als nackte Protoplasmamassen (Plasmodium) (Fig. 121 *A*) in oder auf dem Substrat (Lohe, Erde, Blätter des Waldbodens) umher. Zugleich finden im Innern der Protoplasmamasse lebhafte Strömungen statt. Bei der Fruchtbildung zerfällt entweder das Plasmodium in einzelne Sporen, oder zumeist verwandelt sich das ganze Plasmodium in Sporangien, nämlich meist kugelige Gebilde, welche den gleichnamigen Organen mancher Pilze ähnlich sehen (Fig. 121 *B*). Bei einigen Formen sind zahlreiche Sporangien zu einem größeren Fruchtkörper, einem Aethalium, vereinigt. Im Inneren der Sporangien werden die Sporen gebildet, bei einigen ausschließlich, bei anderen zwischen sterilen Fäden, dem Capillitium (Fig. 121 *C*, *cp*). Bei der Keimung entlässt jede Spore ihren Protoplasmakörper, welcher entweder amöbenartig umherkriecht (Myxamöbe) oder wie eine Schwärmzelle mit einer einzigen Cilie schwimmt. Durch Zusammentreten und Vereinigung zahlreicher solcher kleiner Protoplasmakörper kommen die großen Plasmodien zu stande.

1. Bei den Myxogasteres werden die Sporen im Inneren geschlossener Sporangien, seltener an der Oberfläche platten- bis säulenförmiger Fruchtkörper gebildet.

Fuligo varians, die Lohblüte, kriecht mit großen (viele Quadratcentimeter einnehmenden) gelben Plasmodien in der Gerberlohe umher und bildet schwefelgelbe, im Innern schwarzbraune Klumpen von Sporangien. — *Trichia*, *Didymium* sind kleinere Formen; die Sporangien der ersteren erscheinen als braune, eiförmige, etwa 2—3 mm lange Körperchen; *Lycogala* auf faulem Holz.

2. Die **Phytomyxinae** leben parasitisch im Innern lebender Pflanzenzellen; die Sporen entstehen durch Teilung des Plasmodiums, ohne Umhüllung; hierher *Plasmodiophora* **Brassicae**, deren Plasmodium im Innern der Kohlpflanzen lebt und deren Erkrankung verursacht (**Kohlhernie**).

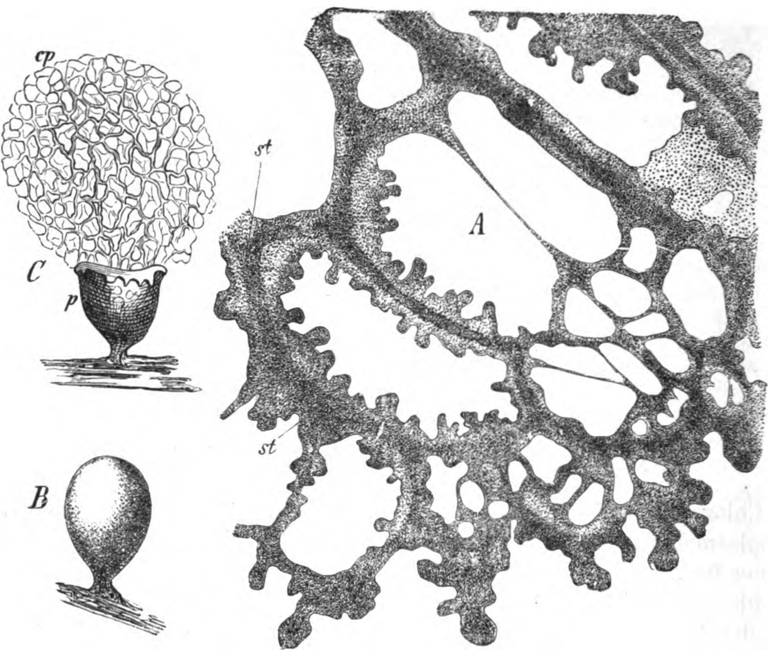


Fig. 121. *A* Stück eines Plasmodiums von Didymium leucopus (350); *B* ein noch geschlossenes Sporangium von Arcyria incarnata; *C* dasselbe nach Zerreißung der Wandung *p* und Ausdehnung des Capillitiums *cp* (20) (nach *Sachs*).

Abteilung II.

Die Thallophyten.

Die Thallophyten sind abgesehen von den Myxomycetes die niedrigst organisierten Pflanzen, deren Vegetationskörper meist noch keine Gliederung in Stamm und Blatt erfahren hat, daher als Thallus zu bezeichnen ist, auch niemals echte Wurzeln oder Gefäßbündel besitzt. Die einfachsten Formen sind einzellig, bestehen zeitlebens aus einer einzigen Zelle; doch können mehrere solcher unter sich gleichwertiger Zellen zu einer Kolonie verbunden sein und bilden, wenn die Teilung stets in der gleichen Richtung stattfindet, Fäden, an welchen ein Gegensatz von Basis und Scheitel nicht vorhanden ist. Hieran schließen sich unmittelbar Formen, deren mehrzelliger Vegetationskörper von Zellreihen, Zellflächen oder Zellkörpern mit ausgesprochenem Gegensatz von Spitze und Basis gebildet wird. Den höchst entwickelten Formen der Algen kommen beblätterte Stämme zu.

Die Zellen der Thallophyten enthalten je einen oder mehrere Zellkerne oder außer diesen meist noch Chromatophoren. Der Farbstoff der letzteren ist teils reines Chlorophyll, teils andere ähnliche Farbstoffe, so dass sie ledergelb, braun oder rot erscheinen; diese Farbstoffe sind meist innerhalb gewisser Verwandtschaftskreise konstant. Vielen Thallophyten fehlt das Chlorophyll vollständig; diese sind daher nicht im stande, sich selbständig zu ernähren.

Geschlechtliche Fortpflanzung existiert bei den niedrigsten Formen überhaupt nicht, bei den übrigen finden wir sie in Form von Konjugation oder oogamer Befruchtung; die Sexualorgane sind von verschiedener Gestalt und Ausbildung; doch fehlt ihnen durchgehends der charakteristische Bau, den wir bei den Archegoniaten kennen lernen werden. Das Geschlechtsprodukt ist entweder eine Spore, welche einer oder mehreren neuen Pflanzen den Ursprung giebt, oder eine Sporenfrucht, d. h. eine Anzahl Sporen mit oder ohne Hülle. Außer der geschlechtlichen Fortpflanzung und der damit verbundenen Bildung echter Sporenfrüchte finden sich häufig noch ungeschlechtlich erzeugte Exosporen (Conidien) oder Endosporen. — Wenn auch die Sexualorgane noch lange nicht für alle Formen nachgewiesen sind, dürfen wir doch deren Anwesenheit für viele Formen voraussetzen und werden hierzu durch die übrigen Verwandtschaftsbeziehungen der betreffenden Formen zu solchen mit zweifelloser Sexualität veranlasst; hingegen scheint bei den Pilzen die sexuelle Fortpflanzung nur auf die niedrigste Gruppe der Phycomyceten beschränkt zu sein.

Als eine Eigentümlichkeit der Thallophyten, welche aber durchaus nicht allen Gruppen derselben zukommt, sind die Schwärmsporen (Zoosporen) namhaft zu machen, hautlose Primordialzellen, welche durch wiederholte Zweiteilung, freie Zellbildung oder Vollzellbildung entstehen, mit Bewegungsorganen, den Cilien, versehen sind und längere Zeit sich aktiv im Wasser umherbewegen. Zur Ruhe gekommen, umgeben sie sich nach Einziehen der Cilien mit einer Membran und wachsen zu neuen Individuen heran. Von den Planogameten unterscheiden sie sich nur dadurch, dass sie sich nicht kopulieren.

Die Thallophyten zerfallen in folgende Klassen:

A. Zellen ohne Chromatophoren, Protoplasma farblos oder gefärbt. Pflanzen vom einfachsten Bau, ohne geschlechtliche Fortpflanzung.

1. Klasse. Schizophyta.

B. Einzellige Pflanzen mit oder ohne Membran, mit Chromatophoren und Zellkern, 2 langen Geißeln und selbständiger Bewegung, ohne geschlechtliche Fortpflanzung.

2. Klasse. Peridinea (Dinoflagellata).

C. Einzellige Pflanzen mit stark verkieselter Membran und lederbraunen Chromatophoren.

3. Klasse. Bacillariaceae (Diatomeae).

D. Zellen stets mit Zellkernen und Chromatophoren, Membran nicht verkieselt.

4. Klasse. Algae, Algen.

a) Chloroplasten (reines Chlorophyll).

4a. Conjugatae. Zygospore durch Kopulation zweier Aplanogameten gebildet.

4b. Chlorophyceae. Zygospore durch Kopulation zweier Planogameten gebildet oder oogame Fortpflanzung, Oospore aber nicht berindet.

4c. Characeae. Geschlechtliche Fortpflanzung durch berindete Oosporen.

b) Braune oder olivengrüne Phäoplasten (Chlorophyll gemischt mit Phycophäin).

4d. Phaeophyceae. Die männliche Gamete ist frei beweglich.

4e. Dictyotaceae. Die männliche Gamete ist unbeweglich.

c) Rote Rhodoplasten. Sporenfrucht.

4f. Rhodophyceae.

E. Vegetative Zellen mit (unverkieselter) Membran, Zellkernen, aber ohne Chromatophoren.

5. Klasse. Fungi, Pilze.

a) Geschlechtliche Fortpflanzung durch Kopulation oder oogam. Mycel einzellig.

5a. Phycomycetes.

b) Nur ungeschlechtliche Fortpflanzung. Mycel aus echten Hyphen gebildet.

5b. Mesomycetes. Sporen, teils Endosporen von unbestimmter Zahl, teils Conidien.

5c. Ascomycetes. Sporen in Schläuchen (Asci) entstehend.

5d. Basidiomycetes. Sporen durch Abschnürung an Basidien gebildet.

Die Chlorophyceen sind als Hauptreihe zu betrachten, welche von sehr einfachen, vielleicht wirklich geschlechtslosen Formen ausgehend bis zu hoch entwickelten fortschreitet; an diese Reihe schließen sich, außer den folgenden Archegoniatae, zunächst die Phaeophyceen, Dictyotaceen, Characeen und Rhodophyceen an; ferner dürfen wir von ihnen auch die Fungi ableiten; die Conjugaten und Bacillariaceen sowie die Schizophyten dagegen sind niedrig organisierte Gruppen ohne Anschluss an höhere.

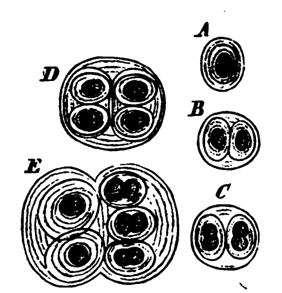
1. Klasse: Schizophyta.

Pflanzen von einfachstem Bau, ohne sexuelle Fortpflanzung; die Vermehrung geschieht ausschließlich durch Zellteilung; nur für wenige Formen sind Sporen, d. h. Dauerzellen mit dickerer Membran, bekannt. Die meist sehr kleinen Zellen enthalten je einen Zellkern, welcher aber erst durch besondere Methoden in neuester Zeit wahrgenommen wurde, aber keine Chromatophoren, sind farblos oder mit gleichmäßig gefärbtem Protoplasma versehen; sie sind zu Fäden, Flächen oder Zellkörpern vereinigt oder leben einzeln.

Unterklasse 1. Schizophyceae. Cyanophyceae. Phycochromaceae.

Mit blaugrünem Protoplasma (Phykocyan + Chlorophyll = Phykochrom).

Die Zellteilung findet bei einigen Gattungen nach den drei Richtungen des Raumes statt, so bei Gloeocapsa (Fig. 122), bei welcher die einzelnen Zellen von den gallertartig aufquellenden Membranen der Mutterzelle umhüllt bleiben und bisweilen zu umfangreichen Kolonien vereinigt sind; diese letzteren erscheinen als schwärzliche oder dunkelblaugrüne Überzüge an Felsen, auf Moospflanzen. Seltener ist die Bildung von Zellflächen (Merismopoedia), häufiger dagegen die Bildung von Zellreihen, welche sich durch Querteilung sämtlicher Gliederzellen (mit Ausnahme der sich eigenartig ausbildenden Grenzzellen [Heterocysten von Nostoc]) vergrößern. Dies ist der Fall bei Oscillaria (Fig. 123 *B*), deren Fäden eigentümlich schwingende Bewegungen ausführen; dieselbe findet sich häufig in stagnierenden Gewässern in Form schwimmender blaugrüner oder bräunlicher



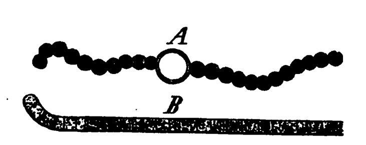


Fig. 123. *A* Ein Faden von Nostoc; *B* Ende eines Fadens von Oscillaria (300).

Fig. 122. Gloeocapsa (300) in verschiedenen Alterszuständen; durch wiederholte Teilungen wird *A* zu *B*, *C*, *D*, *E* (nach *Sachs*).

Rasen, welche einen sehr unangenehmen Geruch verbreiten. — Bei Nostoc (Fig. 123 *A*), dessen Gliederzellen sich abrunden und dem Faden dadurch die Gestalt einer Perlenschnur verleihen, liegen die Fäden in eine Gallertmasse eingebettet, welche nach Regenwetter sich auf Wegen, sandigen Plätzen oft in großer Menge bemerkbar macht, im trockenen Zustande zu unscheinbaren, schwärzlichen Klumpen zusammenschrumpft. Hier auch Vermehrung durch frei werdende Fadenstücke (Hormogonien). Eigentümlich ist das konstante Vorkommen von Nostoc in Höhlungen höherer Pflanzen (Blasia, Anthoceros, Azolla, Gunnera u. a.). — Ähnliche Formen, wie Cylindrospermum u. a., bilden einzelne Gliederzellen zu größeren, dickwandigen Sporen aus. — Ähnlich gehen bei den Rivularien, deren Fäden in polsterartigen Rasen auf untergetauchten Steinen und Wasserpflanzen radienartig angeordnet sind, die untersten Gliederzellen in Dauerzustand über.

Unterklasse 2. Schizomycetes. Spaltpilze. Bakterien.

Mit farblosem Protoplasma.

Winzig kleine Gebilde, an denen man kaum mehr als ihre Umrisse erkennen kann, welche daher auch leicht mit ganz heterogenen Dingen

verwechselt werden können. Nur bei **Sarcina**, welche im Mageninhalt des Menschen vorkommt, findet Teilung nach den drei Richtungen des Raumes statt, bei allen übrigen nur in einer einzigen Richtung. Die einzelnen Zellen sind teils kugelig (**Micrococcus**, Fig. 124 *a*), teils stäbchenförmig (**Bacterium**, Fig. 124 *b*), bisweilen zu geraden (**Bacillus**, Fig. 124 *c*, **Crenothrix** u. a.), oder gewundenen (**Spirillum**, Fig. 124 *d*) Fäden aneinandergereiht. Die Bildung von Sporen, welche zumeist gegen schädliche Einwirkungen resistenter sind, geschieht bei den **endosporen** Formen (Bacillus, einige Spirillen) durch Neubildung im Innern der Gliederzellen (Fig. 124 *c*); bei den **arthrosporen** werden einzelne Gliederzellen direkt zu Sporen, oder es besteht überhaupt keine Verschiedenheit zwischen den vegetativen Gliederzellen und den Sporen.

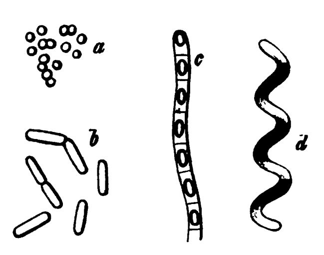


Fig. 124. Schizomyceten, etwa 600 mal vergr. *a* Micrococcus; *b* Bacterium; *c* Bacillus mit Sporen; *d* Spirillum.

Verschiedene Formen (z. B. Bacterium Termo) erregen durch ihren Vegetationsprozess die **Fäulnis** organisierter Substanzen, einige erzeugen Farbstoffe (**chromogene** Bacterien, z. B. Micrococcus prodigiosus die rote Farbe des sog. »blutenden Brodes«), andere erzeugen aus geeignetem Substrat bestimmte Zersetzungsprodukte; so erregt Micrococcus aceti die Essigsäuregährung, Micrococcus lacteus die Milchsäuregährung, Bacillus Amylobacter die Buttersäuregährung (**zymogene** B.). Diesen sämtlich saprophytischen Formen schließen sich noch Crenothrix u. a. an, welche in Form langer Fäden in Gewässern mit organischen Substanzen vorkommen.

Parasitisch treten Spaltpilze im Blute der Menschen und Tiere (**pathogene** B.) auf; am genauesten bekannt ist hiervon Bacillus Anthracis, welcher den Milzbrand erzeugt, seine Sporen aber nur bei saprophytischer Lebensweise bildet; die Lebensgeschichte der mit anderen Krankheiten, wie z. B. Tuberkulose, Typhus, Cholera, Diphtherie u. s. w. ursächlich zusammenhängenden Spaltpilze ist noch nicht vollständig bekannt. **Rhizobium** Leguminosarum lebt symbiotisch mit Leguminosen und erzeugt an den Wurzeln derselben die bekannten Knöllchen (S. 109).

2. Klasse: Peridinea.

Kleine einzellige Pflanzen mit nacktem oder umhülltem Protoplasma und braunen oder braungrünen Chromatophoren, mit Zellkern und 2 langen Geißeln (Längs- und Quergeißel). Die Fortpflanzung erfolgt ungeschlechtlich durch Zweiteilung, seltener im Zustande der Bewegung, meist im Ruhezustand. — Meist Meerespflanzen, bilden die Peridineen mit Diatomaceen die einzigen Lebewesen der hohen See und bedingen die Existenz der Meertiere; einige verursachen Meerleuchten.

3. Klasse: Bacillariaceae (Diatomeae).

Zellen mit ledergelben Chromatophoren, nur in einer Richtung teilungsfähig, meist bilateral, mit verkieselten Membranen, einzeln oder zu Fäden vereinigt; keine Schwärmzellen; Fortpflanzung durch **Auxosporen**, welche bei einigen durch Konjugation entstehen.

Die Membran jeder Zelle besteht aus zwei Schalen, welche übereinandergreifen, wie der Deckel über eine Schachtel (Fig. 125 *a*). Die Teilung erfolgt der Länge nach zwischen den beiden Schalen, und die neu hinzuwachsenden Schalen der Tochterzellen werden am Rande von den Schalen der Mutterzellen umfasst; es werden daher bei fortgesetzter Teilung die Individuen, wenigstens teilweise, immer kleiner. Sind so Individuen einer bestimmten Kleinheit entstanden, so tritt die Auxosporenbildung ein, nämlich Bildung sehr großer Zellen, bald durch bloßes Wachstum, bald aber auch durch Konjugation zweier Protoplasmakörper. — Die Membranen sind mit äußerst feinen und zierlichen Verdickungen versehen. Einzelne frei lebende Formen, wie z. B. Navicula, Pinnularia, Fig. 125, sind mit einer eigentümlichen, gleichsam kriechenden Ortsbewegung begabt; bei anderen (z. B. Melosira) sind die Zellen zu langen Fäden aneinander gereiht und grenzen dann natürlich mit den Schalenseiten, d. h. den der jedesmaligen Teilungswand parallelen Flächen, aneinander.

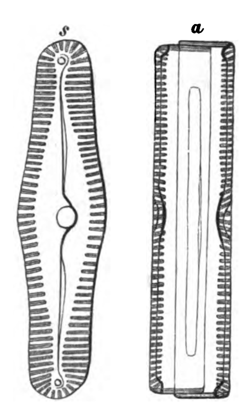


Fig. 125. Pinnularia (vergr. und schematisirt). *a* von der Gürtelseite; die beiden übereinandergreifenden Schalen sind sichtbar; *s* von der Schalenseite, d. h. von der Fläche der einen Schale.

Die Bacillariaceen finden sich sehr häufig und zahlreich in allen Gewässern, sowohl in süßen, als im Meere, bisweilen auch in feuchter Erde. Die verkieselten Zellmembranen sind auch aus früheren Erdperioden erhalten geblieben und finden sich, Kieselguhr oder Infusorienerde genannt, stellenweise in großen Massen; sie findet bei der Fabrikation des Dynamits Verwendung.

4. Klasse: Algae (Algen).

Die unter dem Namen Algen zusammengefassten Thallophyten (nach Ausschluss der früher ebenfalls hierher gerechneten chlorophyllhaltigen Schizophyten) sind diesen gegenüber durch die Differenzierung des Protoplasmas, den Bacillariaceae gegenüber durch das Fehlen des Kieselpanzers, den übrigen Thallophyten gegenüber durch den Chlorophyllgehalt ausgezeichnet. Die Chromatophoren sind an Gestalt außerordentlich mannigfaltig und enthalten bald Chlorophyll, bald andere diesem ähnliche Farbstoffe. Die Algen stimmen auch in der Lebensweise untereinander überein, indem sie sämtlich im Wasser oder an wenigstens zeitweise feuchten Orten vorkommen.

1. Unterklasse: Conjugatae.

Chlorophyllgrüne Pflanzen, deren Zellen sich stets in der gleichen Richtung teilen, einzeln leben oder zu unverzweigten Fäden vereinigt sind,

ohne Schwärmsporenbildung; sexuelle Fortpflanzung durch Konjugation zweier Aplanogameten, der ganzen Protoplasmakörper je zweier vegetativer Zellen zu einer Zygospore.

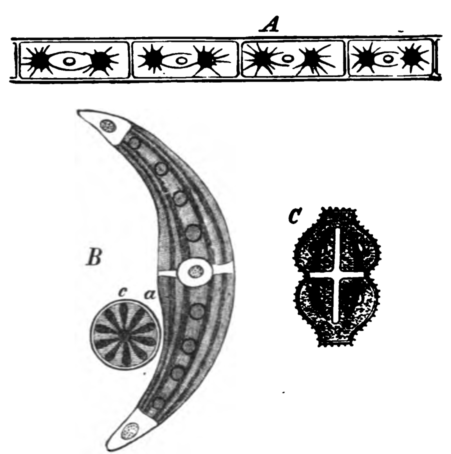


Fig. 126. *A* Stück eines Fadens von Zygnema; in jeder Zelle zwei sternförmige Chloroplasten, verbunden durch eine farblose Protoplasmabrücke, in welcher der Zellkern liegt. *B* Closterium moniliferum, *a* Seitenansicht, *c* vom spitzen Ende gesehen (200). *C* Euastrum (300).

Fam. 1. Desmidiaceae. Zellen meist einzeln lebend, von mannigfaltiger, oft äußerst zierlicher Form [z. B. Closterium (Fig. 126 *B*), Cosmarium, Euastrum (Fig. 126 *C*) u. a.], in der Mitte meist eingeschnürt oder mit symmetrisch verteiltem Inhalt. Membran aus zwei übereinander greifenden Schalen bestehend. Die Konjugation findet meist außerhalb der Zellwände statt; aus der Zygospore erwachsen eine, zwei oder vier neue Pflanzen.

Fam. 2. Zygnemaceae. Zellen stets radiär, zylindrisch, zu Fäden vereinigt, welche sich in großen schwimmenden Rasen in vielen Gewässern finden und durch die schöne grüne oder gelbliche Färbung, sowie die Zartheit ihrer Fäden zu erkennen geben. Die Chloroplasten haben die Form von Spiralbändern, so bei Spirogyra (Fig. 127 *A cl*), Sternen (Zygnema, Fig. 126 *A*). Die Konjugation erfolgt in der Regel zwischen zwei Zellen verschiedener Fäden; aus der Zygospore erwächst nach längerer Ruhe nur eine neue Pflanze.

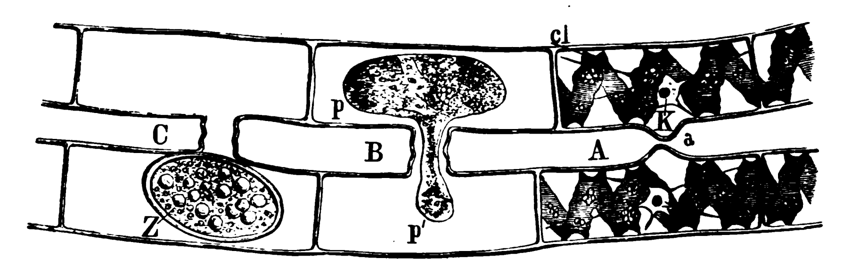


Fig. 127. Spirogyra (400). *A* vegetative Zellen, die Konjugation vorbereitend; *a* Kopulationsfortsatz; *K* Kern; *cl* Chloroplast. *B* Konjugation von *p'* mit *p*; *C* Zygospore (*Z*).

Fam. 3. Mesocarpaceae. Das Kopulationsprodukt wird nur teilweise zur Zygospore, indem peripherische Zellen davon abgetrennt werden. — Mougeotia mit plattenförmigen Chloroplasten.

2. Unterklasse: Chlorophyceae.

Meist chlorophyllgrüne Pflanzen von verschiedenem Bau; viele bilden Schwärmsporen, welche an ihrem vorderen farblosen Ende zwei oder mehr Cilien tragen, seltener an ihrer ganzen Oberfläche mit kürzeren Cilien besetzt sind. Geschlechtliche Fortpflanzung durch Kopulation zweier Planogameten; bei der gleichen Art sind sehr häufig die Schwärmsporen größer als die Gameten; bei den höher entwickelten Formen findet die sexuelle Fortpflanzung nicht mehr durch Kopulation statt, sondern die weiblichen Zellen sind unbeweglich und bilden sich einzeln, seltener zu mehreren, aus dem Protoplasma ihrer Mutterzellen, der Oogonien. Die männlichen Zellen, Spermatozoiden, den Schwärmsporen der niedrigeren Formen mehr oder minder ähnlich gestaltet, entstehen zahlreich in den Antheridien. Das Geschlechtsprodukt ist meistens eine ruhende Spore, welche häufig bei der Keimung zunächst mehrere Schwärmsporen bildet und dadurch mehreren neuen Pflanzen den Ursprung giebt; seltener tritt die Entwickelung zu einer neuen Pflanze sofort ein.

Reihe 1. Protococcales.

Die Zellen leben einzeln für sich oder sind zu Kolonien, aber fast niemals fadenförmig verbunden; Kolonien, in welchen die Anordnung der einzelnen Zellen nicht durch die Teilungsrichtung bestimmt wird, werden als Cönobien unterschieden. Die Vermehrung geschieht durch vegetative Zweiteilung oder Schwärmsporenbildung; sexuelle Fortpflanzung durch Konjugation schwärmender Gameten oder Befruchtung einer Eizelle.

Fam. 1. Volvocaceae. Die vegetativen Zustände, entweder einzelne Zellen, oder Kolonien, sind aktiv beweglich. Geschlechtliche Fortpflanzung durch kopulierende Gameten oder Befruchtung von Eizellen.

Die Zellen von *Sphaerella* pluvialis (*Haematococcus, Chlamydococcus*) sind teilweise rot gefärbt und mit einer mantelartig abstehenden Zellhaut umgeben; sie leben in Pfützen, schmelzendem Schnee (»roter Schnee« der nivalen Region und arkt. Länder), welche dadurch rot gefärbt erscheinen; Kopulation kommt hier nicht vor, wohl aber bei der ähnlichen *Chlamydomonas*.

Bei *Pandorina* vermehren sich die ungefähr kugeligen Kolonien (Fig. 128 *A*) dadurch, dass ihre Zellen sich wiederholt teilen und dadurch je einer neuen Kolonie, welche sich loslöst, den Ursprung geben. Fortpflanzung durch Kopulation von Planogameten (Fig. 128 *B*), welche ebenfalls durch Teilung der vegetativen Zellen entstehen.

Bei *Volvox* stellt die Kolonie eine Hohlkugel vor; einzelne der in einfacher Schicht angeordneten Zellen werden zu Oogonien mit je einer großen Eizelle, andere zu Antheridien, indem sie sich in zahlreiche kleine Spermatozoiden teilen. Aus der keimenden Spore entstehen, wie bei voriger, mehrere neue Pflanzen.

Fam. 2. Tetrasporaceae und 3. Pleurococcaceae. Vegetative Zustände ruhend; es findet vegetative Zellenvermehrung statt, bei letztgenannter Familie kommen keine schwärmenden Zellen vor.

Pleurococcus vulgaris (Fig. 129) findet sich regelmäßig in den grünen Überzügen an Baumrinden, feuchten Steinen.

Fam. 4. Protococcaceae und 5. Hydrodictyaceae. Vegetative Zellenvermehrung findet nicht statt.

Bei der Gattung *Hydrodictyum*, Wassernetz, sind die langen, zylindrischen, mit mehreren Zellkernen versehenen Zellen zu einem hohlen Netz (Cönobium) vereinigt; neue solche Netze entstehen dadurch, dass in den Zellen zahlreiche Schwärmzellen gebildet werden, welche im Innern ihrer Mutterzelle eine Zeit lang umherschwärmen und sich dann zu einem Netze ordnen, welches durch Auflösung der Wand der Mutterzelle frei wird. Geschlechtliche Fortpflanzung durch Kopulation von Planogameten; das Geschlechtsprodukt geht erst auf Umwegen wieder in die Bildung von Netzen über.

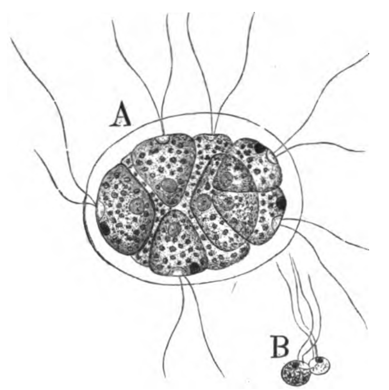


Fig. 128. Pandorina Morum (400 mal vergr.). *A* eine schwärmende Kolonie, *B* zwei Planogameten in Konjugation begriffen.

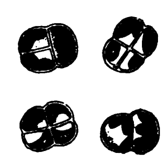


Fig. 129. Pleurococcus vulgaris (540 mal vergr.).

Reihe 2. Confervales.

Die vegetativen Zellen enthalten je einen oder mehrere Zellkerne und sind meist zu Zellreihen oder auch Zellflächen verbunden, nicht aktiv beweglich.

a) Zellen mit nur je einem Zellkern.

Fam. 1. Ulvaceae. Thallus eine zusammenhängende ein- oder zweischichtige Fläche; Konjugation schwärmender Gameten.

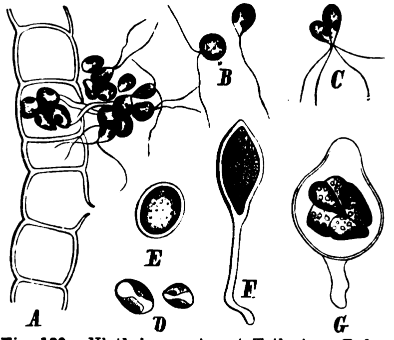


Fig. 130. Ulothrix zonata; *A* Teil eines Fadens mit ausschwärmenden Gameten, und bereits entleerten Zellen; *B* Gameten; *C* dieselben in Konjugation; *D—G* Keimungsstadien der Zygosporen.

Ulva, große blattartige Formen im Meere, *Enteromorpha* von Gestalt eines hohlen Schlauches mit einschichtiger Wandung, auch im süßen Wasser.

Fam. 2. Ulothrichaceae. Unverzweigte Fäden; Konjugation von Planogameten häufig beobachtet. Bei Ulothrix entstehen in den Gliederzellen entweder 1 bis 4 mit vier Wimpern versehene Schwärmsporen, oder 8 bis 32 kleinere, mit zwei Wimpern versehene Gameten, aus deren Konjugation eine Spore hervorgeht; letztere entlässt bei der Keimung 2 bis 14 Schwärmsporen. Planogameten, welche in ihrer Mutterzelle zurückbleiben, können auch ohne Kopulation zu neuen Fäden auswachsen (Fig. 130).

Ulothrix zonata mit an der Basis festgewachsenen Fäden, in Bächen, Bassins; *Conferva* mit frei schwimmenden Fäden.

Fam. 3. Chaetophoraceae. Verzweigte Zellreihen; Konjugation von Planogameten.

Bei *Trentepohlia* enthalten die Zellen außer dem Chlorophyll noch rotgefärbte Tropfen; T. Jolithus mit Veilchengeruch auf kieselhaltigen Gesteinen (»Veilchenstein«).

Fam. 4. Oedogoniaceae. Unverzweigte oder verzweigte Fäden mit Oogonien und Antheridien. Die vegetativen Zellen sind durch eigentümliche Kappen ausgezeichnet, deren Entstehung durch eine besondere Art der Membranbildung (queres Aufreißen der Membran und Streckung eines Celluloserings) bei der Zweiteilung bedingt ist. Die Schwärmsporen entstehen einzeln in ihren Mutterzellen und tragen an ihrem vorderen Ende einen Kranz von Cilien (s. Fig. 60, S. 52). Einzelne Gliederzellen schwellen bedeutend an und werden zu Oogonien (Fig. 131 *A*, *B*, *og*), andere desselben oder verschiedener Fäden durch öfter wiederholte Teilung zu Antheridien (Fig. 131 *D*). Bei einigen Arten (so bei der in Fig. 131 *A* dargestellten) gehen hieraus nicht direkt die Spermatozoiden hervor, sondern kleine Schwärmsporen, welche sich außen am Oogonium festsetzen, zu einem wenigzelligen Faden, dem sog. Zwergmännchen (Fig. 131 *A*, *B*, *m*), auswachsen und nun erst die Spermatozoiden entlassen.

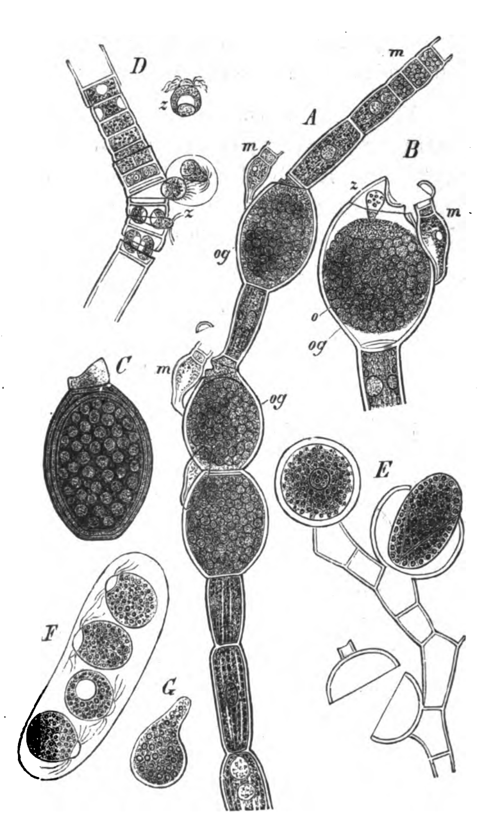


Fig. 131. *A* Oedogonium ciliatum (250); *og* befruchtete Oogonien; *m* die Zwergmännchen, welche ihre Spermatozoiden schon entlassen haben; sie sind erwachsen aus Schwärmsporen, die in den Zellen *m* am oberen Ende der Figur gebildet werden. *B* ein Oogonium derselben Pflanze im Augenblicke der Befruchtung; *og* Oogonium, *o* Eizelle, *m* Zwergmännchen, *s* Spermatozoid. *C* reife Oospore derselben Pflanze. *D* Oedogonium gemelliparum; die Spermatozoiden *s* treten aus ihren Mutterzellen aus. *E* Stück aus einer Pflanze von Bulbochaete. *F* die durch Teilung der Oospore von Bulbochaete entstandenen vier Schwärmsporen, deren jede zu einer neuen Pflanze auswächst (*G*) (nach *Sachs*).

Oedogonium mit unverzweigten, und *Bulbochaete* mit verzweigten, an der Spitze in Haare endigenden Fäden.

Fam. 5. Coleochaetaceae. Verzweigte Fäden, welche, radial angeordnet, flache Scheiben oder halbkugelige Polster bilden; Oogonien und Antheridien. Erstere stehen an der Spitze der Äste, laufen in einen oben sich öffnenden Hals aus und umgeben sich nach der Befruchtung

mit einer den benachbarten Zellen entstammenden Hülle. Die Oospore teilt sich bei der Keimung in mehrere Zellen, deren jede eine Schwärmspore entlässt, und nähert sich hierdurch der Bildung einer Sporenfrucht. — Einzige Gattung *Coleochaete*, in wenigen Arten an untergetauchten Wasserpflanzen.

b) Die vegetativen Zellen mit zahlreichen kleinen Zellkernen.

Fam. 6. Cladophoraceae. Zellen zu einfachen oder verzweigten Fäden vereinigt; Schwärmsporen; Konjugation von Planogameten.

Cladophora mit verzweigten, rauh anzufühlenden Fäden, in zahlreichen Arten in stehenden und fließenden Gewässern.

Fam. 7. Sphaeropleaceae. Die frei schwimmenden Fäden der Gattung Sphaeroplea bestehen aus langen Zellen, in welchen der chlorophyllgrüne Inhalt durch farblose Vakuolen unterbrochen wird; bei der Fortpflanzung entstehen in einzelnen Gliederzellen zahlreiche kugelige Eizellen, in anderen sehr zahlreiche Spermatozoiden. Die Oosporen entlassen bei der Keimung zahlreiche Schwärmsporen.

Reihe 3. Siphoneae.

Die vegetativen Zellen enthalten zahlreiche kleine Zellkerne und teilen sich bei ihrem Wachstume nicht; die Schwärmsporen entstehen durch freie Zellbildung oder Vollzellbildung.

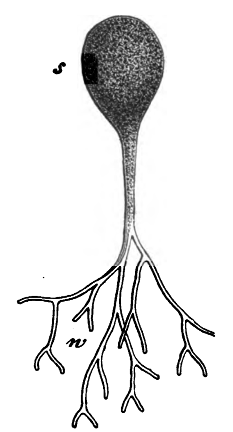


Fig. 132. Botrydium granulatum (6 mal vergr.); *s* der chlorophyllhaltige Teil, *w* die wurzelnden Äste der Zelle.

Fam. 1. Botrydiaceae. Vegetationskörper aus einer vorn blasig erweiterten chlorophyllhaltigen Zelle bestehend, welche hinten farblos und verzweigt ist.

Bei Botrydium (Fig. 132) entstehen außer den Schwärmsporen im vorderen Teile der Zelle Sporen, welche nach längerer Ruhezeit Planogameten entlassen; diese kopulieren und das Kopulationsprodukt kann sich sofort weiter entwickeln.

Fam. 2. Vaucheriaceae. Die vegetativen Zellen sind schlauchartig verlängert. Befruchtung von Eizellen.

Bei der einzigen Gattung Vaucheria, welche in mehreren Arten in Gewässern, auf feuchter Erde, in Form kräftiger sattgrüner Rasen vorkommt, stehen seitlich an den schlauchförmigen vegetativen Zellen (Fig. 133 *F*) Oogonien (Fig. 133 *F*, *og*) und Antheridien (*h*) in verschiedener Anordnung. Aus der Oospore erwächst nach längerer Ruhe eine einzige neue Pflanze. Außerdem bilden manche Arten Schwärmsporen, welche in besonderen, an der Spitze der Schläuche abgegrenzten Zellen durch Voll-

zellbildung entstehen (Fig. 133 *A*), und an ihrer ganzen Oberfläche mit zahlreichen, dicht gestellten, kurzen Cilien besetzt sind.

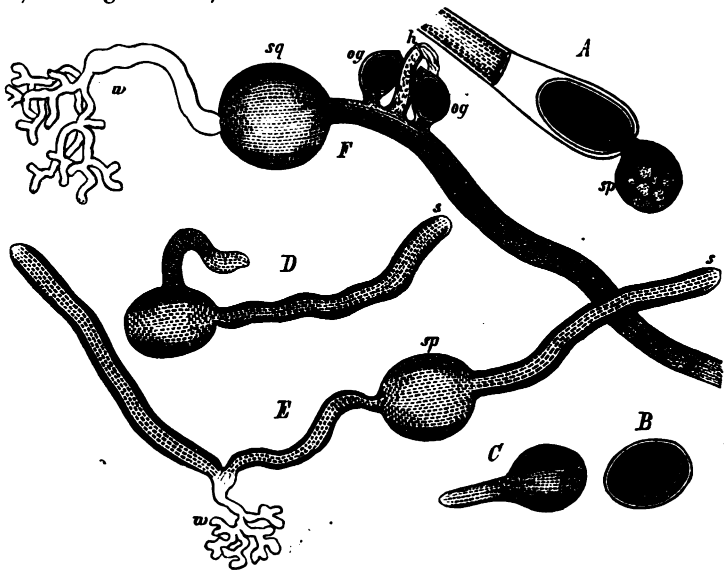


Fig. 133. Vaucheria sessilis (30). *A* eine austretende Schwärmspore (*sp*); *B* eine zur Ruhe gekommene Schwärmspore; *C* Beginn, *D* und *E* weitere Stadien der Keimung; *sp* die Spore, *s* der Scheitel des grünen Schlauches, *w* dessen wurzelartiger farbloser Teil; *F* Schlauch mit Sexualorganen; *og* Oogonium, *h* Antheridium, kurz nach der Befruchtung (nach *Sachs*).

Fam. 3. **Caulerpaceae.** Die einzige Gattung **Caulerpa** (Fig. 134)

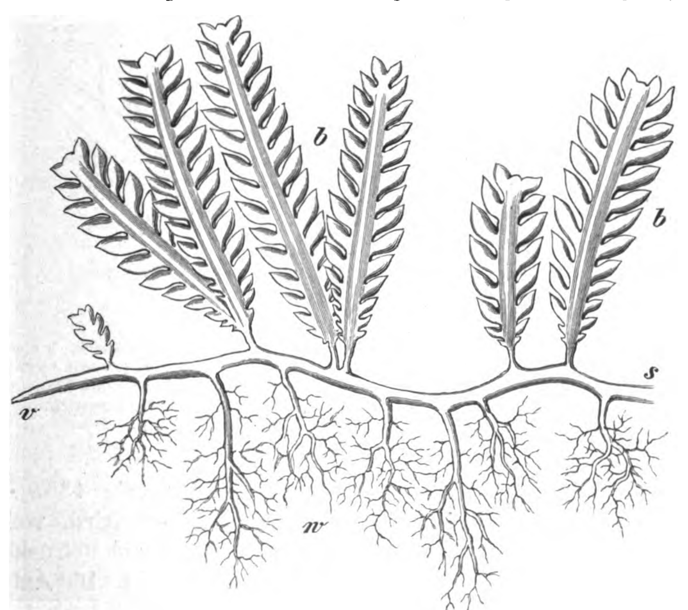


Fig. 134. Caulerpa crassifolia; einzellige Pflanze mit reich gegliedertem Thallus, *s* als Stamm, *b* als Blätter, *w* als Wurzel funktionirender Teil desselben, *v* Spitze (nach *Sachs*).

ist dadurch ausgezeichnet, dass die vegetative Zelle, ohne sich zu teilen, in einen kriechenden Stamm, aufrechte Blätter, die selbst wieder gefiedert sein können, und wurzelnde Auszweigungen differenziert ist. — Diese und einige andere Familien von z. T. sehr eigentümlichem Bau gehören ausschließlich dem Meere an.

3. Unterklasse: Characeae.

Chlorophyllgrüne Pflanzen mit quirlig gestellten Blättern, ohne Schwärmsporen, mit berindeten Oosporen.

Der Stengel besteht aus langgestreckten, schlauchförmigen Gliederzellen (Fig. 135 *A*, *s*); von den dazwischenliegenden Knotenzellen entspringen im Quirl die Blätter (Fig. 135 *A*, *b*), welche aus einer bisweilen verzweigten Reihe ähnlicher Zellen bestehen; die langgestreckten Zellen sind mit einem dichten Wandbelag von Chlorophyllkörnern versehen; bei der Gattung Chara sind Stengel und Blätter noch von kleineren Rindenzellen bedeckt. In allen langen Zellen ist eine lebhafte Rotation des Protoplasmas wahrzunehmen.

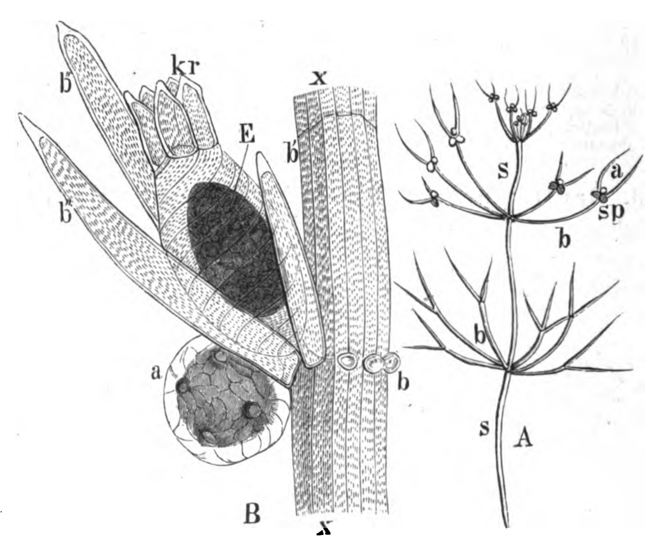


Fig. 135. *A* Oberer Teil eines Zweiges von Nitella flexilis (nat. Gr.), *ss* der Stengel, *b* die Blätter mit weiblichen (*sp*) und männlichen (*a*) Organen. *B* Stück (*xx*) von Chara fragilis (50 mal vergr.) mit Blättchen (*b′*, *b″*), einem weiblichen Organ, das die Eizelle *E* enthält, dessen gedrehte Wandungszellen in das Krönchen *kr* endigen, und einem Antheridium *a* (nach *Sachs*). (Die Drehungsrichtung ist infolge Umkehrung der Zeichnung verkehrt ausgedrückt.)

Das weibliche Organ ist ein eiförmiger Körper (Fig. 135*B*), dessen äußere Partie von schraubig gedrehten Zellen gebildet wird, welche die Eizelle (Fig. 135 *B*, *E*) umschließen. Diese wird durch die Befruchtung zur Oospore, welche stets in der Hülle eingeschlossen bleibt. Die Antheridien (Fig. 135 *A*, *a*) machen sich als rote Kügelchen bemerklich und stellen von 8 Schildern begrenzte Hohlkugeln dar; auf dem in der Mitte jedes Schildes

innen aufsitzenden »Manubrium« steht eine köpfchenförmige Zelle, welche etwa 24 peitschenförmig gewundene Fäden trägt. Jeder Faden besteht aus 100—225 Gliederzellen, aus denen je ein schraubenförmiges Spermatozoid hervorgeht.

Chara, oft mit Kalk inkrustiert, von unangenehmem Geruch; *Nitella* in kalkarmen Gewässern, seltener.

4. Unterklasse: Phaeophyceae, Braunalgen.

Pflanzen mit braunen oder olivengrünen Chromatophoren (Chlorophyll + Phykophäin), von einfacherem oder komplizierterem Bau; die Schwärmsporen und Spermatozoiden tragen zwei Cilien an der Seite; fast nur Meeresbewohner.

Die einfacheren Formen schließen sich in ihrem Bau an die Confervales an; sie bilden in verschiedenen Behältern, **Sporangien** genannt, zweierlei Gameten; deren Kopulation ist indes noch nicht völlig aufgeklärt. Als Beispiel der größeren Formen sei **Fucus** genannt (Fig. 136), welcher in

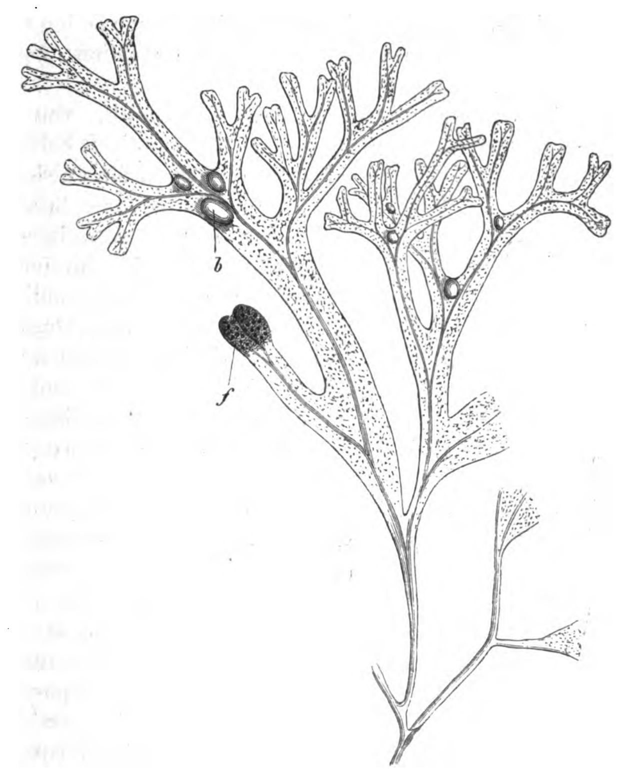


Fig. 136. Fucus vesiculosus etwa 1/2 nat. Gr. *b* Luftblasen; *f* fruchtbarer Ast.

mehreren Arten an den atlantischen Küsten vorkommt. Das umfangreiche gallertige Gewebe ist stellenweise durch Luftblasen (Fig. 136 *b*) gelockert; an der Spitze besonderer Äste (Fig 136 *f*) sitzen in Einsenkungen der Ober-

fläche die Oogonien und Antheridien; aus ersteren werden die Eizellen nach außen entleert und außerhalb der Oogonien von den Spermatozoiden befruchtet; aus der Oospore entsteht sofort eine neue Pflanze.

Ectocarpus, Sphacelaria, Cladostephus sind kleinere Formen; *Laminaria* mit gestieltem blattartig flachem Thallus; *Sargassum* mit Blättern und gestielten Schwimmblasen, oft massenweise im atlantischen Ozean schwimmend (»Sargassum-Meer«); *Macrocystis* u. a. sind die größten Repräsentanten, bis 300 m lang.

Nutzpflanzen: Laminaria Cloustoni (nördl. Meere) liefert die stark quellbaren »Stipites Laminariae«; L. saccharina (N.- u. Ostsee) stark zuckerhaltig; Fucus vesiculosus u. F. serratus (nördl. Meere) liefern Jod und Soda.

5. Unterklasse: Dictyotaceae.

Braune Meeresalgen, mit den Formen voriger Ordnung nahe verwandt und von ihr dadurch verschieden, dass sämtliche Fortpflanzungszellen unbeweglich sind.

6. Unterklasse: Rhodophyceae (Florideae).

Mit meist roten oder violetten Chromatophoren (Chlorophyll + Rhodophyll), sehr verschiedenem, vegetativem Bau. Weibliche Zellen mit Membran umgeben, meist mit Trichogyne; Spermatien ohne Cilien; Sporenfrucht; keine Schwärmsporen. Meist Meeresbewohner.

Der vegetative Bau ist außerordentlich mannigfaltig, von verzweigten Zellreihen bis zu blättertragenden Stengeln, die zum Teil Zellkörper sind, oder zu Zellflächen finden sich alle Übergänge; das Zellgewebe lässt sich stets auf ein System verzweigter Zellreihen zurückführen; bei zahlreichen Formen ist die Verzweigung außerordentlich zierlich. Die weiblichen Organe, Carpogonien, sind mit Membran versehene Zellen (Fig. 137 *A*, *o*), welche sich an ihrer Spitze in einen meist haarförmigen Fortsatz, die Trichogyne (Fig. 137 *A*, *t*), verlängern. An letztere setzen sich die männlichen Zellen, Spermatien, an, welche nur passiv beweglich sind und durch Abschnürung gebildet werden (Fig. 137 *A*, *s*). Infolge der Befruchtung wächst das Carpogon zu Zellreihen aus (Fig. 137 *B*), welche entweder direkt an ihrer Spitze die Sporen erzeugen (Fig. 137 *C*), oder sich erst noch mit anderen, näher oder entfernter liegenden Zellen (Auxiliarzellen) vereinigen, um schließlich eine oder mehrere Sporenfrüchte (Cystocarpien) zu bilden. Oft werden diese Sporenfrüchte von einer den benachbarten Zellen entstammenden Hülle umgeben. Außerdem finden sich noch ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane, welche ebenfalls

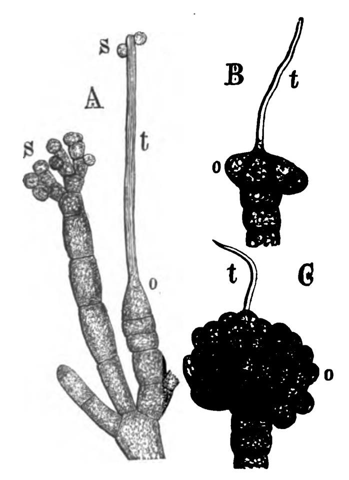


Fig. 137. Fortpflanzung von Nemalion. *A* Ende eines Astes mit Antheridium und Carpogonium; ersteres erzeugt die Spermatien *s*; letzteres *o* trägt die Trichogyne *t*, an welcher sich die Spermatien (*s*) zur Befruchtung ansetzen. *B* und *C* aufeinanderfolgende Entwickelungsstadien der Sporenfrucht (300).

ohne Cilien, nur passiv beweglich sind, und häufig zu vieren aus einer Mutterzelle (Sporangium) entstehen und dann Tetrasporen (Tetragonidien) genannt werden.

Im süßen Wasser: *Batrachospermum* von bräunlich violetter Farbe, *Lemanea*; in den europäischen Meeren sind *Ceramium*, *Callithamnion*, *Chondrus* crispus, *Plocamium*, *Delesseria*, *Polysiphonia*, *Corallina* häufige Repräsentanten.

Von zweifelhafter Zugehörigkeit sind *Bangia* und *Porphyra*, erstere auch im süßen Wasser vorkommend, letztere aus einschichtiger Zellfläche bestehend, im Meere.

Offizinell: Carrageen, der Thallus von *Chondrus* crispus und *Gigartina* mamillosa; einige liefern Agar-Agar (Gracillaria, Eucheuma); einzelne als Nahrungsmittel verwendet (Gloiopeltis in Japan).

---

5. Klasse: Fungi, echte Pilze.

Pflanzen ohne Chlorophyll, die Zellen meist zu Fäden aneinandergereiht; bei vielen entsteht eine Sporenfrucht.

Infolge des Chlorophyllmangels sind die Pilze darauf angewiesen, ihre Nahrung, speziell den Kohlenstoff, in Form von organischen Verbindungen aufzunehmen; die einen, Parasiten, verursachen Erkrankungen des Wirtes; andere, die Saprophyten, leben von den toten Resten anderer Organismen und von den daraus isolierten organischen Verbindungen; solche tote Reste und organische Verbindungen sind enthalten z. B. in den trockenen Baumrinden, dem Humusboden der Wälder, Wiesen, welche zahlreiche, oft sehr stattliche Pilze ernähren, sowie in Fruchtsäften, zuckerhaltigen Flüssigkeiten, welche von Schimmelpilzen und Gährungspilzen bewohnt werden. Die Entscheidung der Frage, ob in einem gegebenen Fall ein Pilz parasitisch oder saprophytisch lebt, ist nicht immer leicht; besonders ist zu beachten, dass manche Pilze, welche parasitisch leben, ihre Fruchtkörper erst auf dem infolge ihrer Vegetation bereits getöteten Substrate entwickeln.

Gewöhnlich sind bei den Pilzen die Zellen zu langen Fäden, Hyphen, aneinandergereiht, welche teils locker, ordnungslos durcheinanderwachsen, teils aber auch, fester miteinander verbunden, umfangreiche Körper von bestimmter äußerer Form und innerer Ordnung der einzelnen Fäden bilden (so die großen Pilze); wo die Fäden sich dicht berühren, entsteht ein Gefüge, welches einem durch wiederholte Teilung entstandenen Gewebe ähnlich sieht und Pseudoparenchym genannt wird. Nur bei verhältnismäßig wenigen Pilzen finden wir lange, schlauchförmige, vielkernige Zellen, welche ein ausgedehntes Wachstum zeigen, ohne sich zu teilen.

Der Vegetationskörper der Pilze wird als Mycelium bezeichnet; an diesem entstehen an gewissen Stellen die Fortpflanzungsorgane. Unter ungünstigen Verhältnissen kann das Mycelium lange Zeit fortvegetieren und üppige Ausdehnung gewinnen, ohne Fortpflanzungsorgane hervorzubringen; solche unfruchtbare Mycelien sind z. B. die weißen filzigen Überzüge in feuchten Kellern u. s. w. Bei manchen Pilzen bilden sich am Mycelium dichte knollenartige Körper, Sklerotien, welche sich mit Reservestoffen füllen und nach längerer Ruhe Fruchtträger entwickeln.

Vom Mycelium entspringen die Fruchtträger, d. h. Auszweigungen, welche die Fortpflanzungsorgane, die Sporen oder deren Mutterzellen, tragen: es sind teils einfache Fruchthyphen, teils zusammengesetzte Fruchtkörper; in oder an letzteren bilden die Sporenmutterzellen häufig eine zusammenhängende Schicht, das Hymenium.

Die ungeschlechtlich erzeugten Sporen bilden sich auf zweierlei Weise: entweder im Innern anderer Zellen, der Sporangien, durch freie Zellbildung (Endosporen), oder durch Abschnürung an der Spitze ihrer Träger (Conidien), ein Vorgang, welcher bald von der gewöhnlichen Zweiteilung der Zellen gar nicht verschieden ist, bald aber auch durch eine starke Einschnürung nahe der Trennungsfläche ausgezeichnet ist; in letzterem Falle heißt die eingeschnürte, in ein Spitzchen vorgezogene Stelle Sterigma. Die Conidien lassen sich phylogenetisch als reduzierte Sporangien (Schließsporangien) auffassen. Besondere Formen von Conidien sind die Spermatien, welche im Innern vertiefter Gruben (Spermogonien) entstehen. Bei einigen Pilzen sind die im Inneren von Sporangien gebildeten Endosporen Schwärmsporen, welche sich im Wasser fortbewegen. Als accessorische Fruchtform tragen manche Pilze noch Chlamydosporen, die aus einzelnen Gliederzellen der Mycelfäden hervorgehen, sich abrunden und mit einer festen Membran umgeben.

Sexualorgane finden sich mit Sicherheit nur bei den Phycomyceten, welche sich in mancher Beziehung an die Siphoneen unter den Chlorophyceen anschließen; hier ist das Geschlechtsprodukt eine Zygo- oder Oospore. Während bei den Basidiomyceten keinerlei als Geschlechtsorgane zu deutenden Bildungen vorkommen, ist für viele Ascomyceten der Ursprung der Schläuche auf eine bestimmte Zelle oder Zellgruppe mit eigentümlicher Gestalt zurückführbar; es ist indes eine früher angenommene Befruchtung dieses Gebildes, des Ascogons, in neuerer Zeit zweifelhaft geworden.

1. Unterklasse: Phycomycetes.

Der Vegetationskörper ist einzellig, oft schlauchförmig und verzweigt; erst die Fortpflanzungszellen grenzen sich durch eine Wand ab. Ungeschlechtliche Fortpflanzung mannigfaltig, durch Endosporen oder Conidien; aus letzteren entstehen bisweilen Schwärmsporen. Geschlechtliche Fortpflanzung durch Zygosporen oder Oosporen.

Reihe 1. Zygomycetes.

Mycel reich verzweigt. Geschlechtliche Fortpflanzung durch Zygosporen. Terrestrische Saprophyten.

Die bekanntesten und wichtigsten sind die Arten der Gattung Mucor, welche als Schimmelpilze auf Fruchtsäften, Brod, Mist etc. leben. Das Mycelium (Fig. 138 *m*) lebt gewöhnlich im Innern des Substrates und treibt nach vollendeter Entwickelung die Sporangienträger an die Luft empor. Diese schwellen an ihrem oberen Ende kugelig an und bilden so das Sporangium (Fig. 138 *s*), welches durch eine gewölbte Querwand abgegrenzt wird (Fig. 138 *c*) und in seinem Innern zahlreiche Endosporen (Fig. 138 *sp*) bildet;

aus jeder erwächst sofort nach dem Abfallen ein neues Mycelium, welches in derselben Weise wieder Fruchtträger, Sporangien und Sporen entwickelt. Unter besonderen Umständen bildet das Mycelium Zygosporen (Fig. 138 *z*), indem zwei Zweige einander entgegenwachsen und an ihren sich berührenden Enden je eine Zelle durch eine Wand abscheiden; durch Konjugation dieser beiden entsteht die Zygospore, welche ihre Membran sehr stark verdickt und erst nach längerer Ruhe keimt. Dabei wächst meist aus ihr ohne Mycelium unmittelbar ein Sporangienträger hervor, der dem aus dem Mycelium erwachsenen vollkommen gleich ist. — Bei anderen Formen findet sich Conidienbildung an reich verzweigten Hyphen (Piptocephalis).

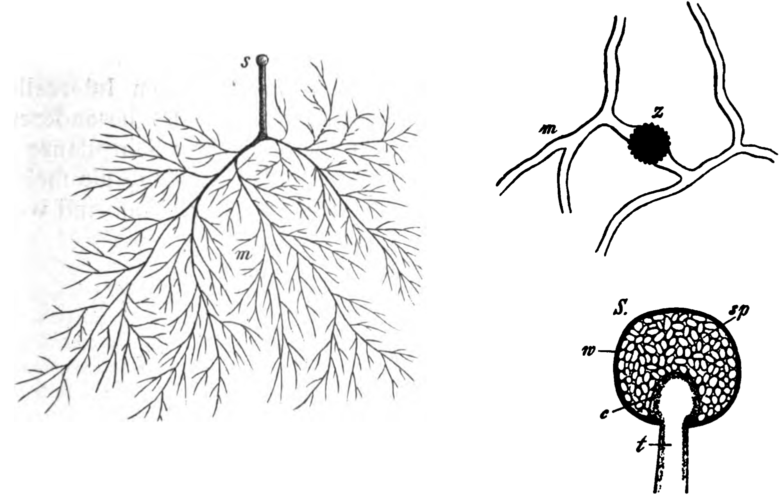


Fig. 138. Mucor Mucedo; *m* das aus einer Endospore erwachsene Mycelium mit einem Sporangium *s*; *S* ein Sporangium, stärker vergrößert, *t* der Stiel, *c* die Querwand, *w* die Wandung, *sp* die Endosporen; *z* eine Zygospore.

Die Entomophthoreae leben meist parasitisch in Insekten. Am bekanntesten ist Empusa Muscae, welche besonders im Herbste in der Stubenfliege auftritt. Die Conidien werden abgeschnürt von Zellen, die aus dem Körper der Fliege nach außen hervorwachsen, und bilden meist einen weißen Hof um die Leiche. Sie entlassen nach einiger Zeit wiederum sekundäre Conidien, welche anderen Fliegen gegen den Unterleib, die einzige zum Eindringen geeignete Stelle, geschleudert werden. Bei anderen Arten kennt man auch Zygosporen.

Reihe 2. Chytridiaceae.

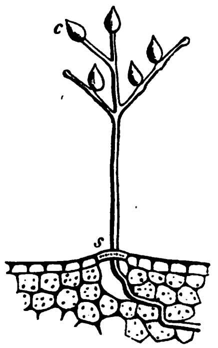
Die einfachsten Formen bestehen aus einer kugeligen oder eiförmigen Zelle, welche zu einem Sporangium wird, indem ihr Protoplasma in viele Schwärmsporen mit nur einer Cilie zerfällt; diese wachsen nach dem Festsetzen wieder zu einem Sporangium heran; diese Formen leben im Wasser als Saprophyten oder Parasiten von Pflanzen und Tieren. Bei der Gattung Synchytrium, welche Parasiten von Landpflanzen (z. B. Anemone, Taraxacum) enthält, zerfällt die Zelle zuerst in mehrere Sporangien. Einige besitzen Haftorgane, welche sich zu einer mycelartigen Bildung steigern können; bei wenigen ist die Kopulation des Inhalts zweier Zellen beobachtet.

Reihe 3. Oomycetes.

Mycel reich verzweigt. Geschlechtliche Fortpflanzung durch Oosporen. Saprophyten und Parasiten, häufig im Wasser lebend.

Die Saprolegniaceae sind Wasserpilze, welche zumeist in strahligen Rasen auf Tierleichen (vielleicht auch parasitisch auf Fischen) oder untergetauchten Pflanzenteilen leben. In den Sporangien (s. oben Fig. 59 S. 51) werden Schwärmsporen gebildet, welche sich einmal oder wiederholt häuten. In den kugligen Oogonien bilden sich aus deren gesamtem Protoplasma die Eizellen; die Antheridien wachsen in Form von Schläuchen durch Löcher in die Oogonien hinein; doch ist es noch zweifelhaft, ob ein wirklicher Befruchtungsakt stattfindet. Die Oosporen keimen erst nach längerer Ruhe und erzeugen bald nur Sporangien, bald vollständige Mycelien mit Sporangien.

Die Peronosporaceae schmarotzen meist in den Intercellularräumen anderer Pflanzen; das Mycelium nimmt mittelst besonderer als Saugorgane dienender Ausstülpungen aus den Zellen der Nährpflanze seine Nahrung auf. Die Conidien entstehen auf besonderen Ästen, die meist aus den Spaltöffnungen der Nährpflanze hervorwachsen (Fig. 139), und werden



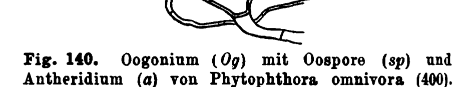


Fig. 140. Oogonium (*Og*) mit Oospore (*sp*) und Antheridium (*a*) von Phytophthora omnivora (400).

Fig. 139. Conidienträger von Phytophthora infestans, aus einer Spaltöffnung (*s*) des Kartoffelblattes hervorwachsend; *c* die Conidien (150).

alsbald abgeworfen. In Wassertropfen gelangt, bilden sie Schwärmsporen, welche keimen und den Pilz auf andere Nährpflanzen übertragen. Bei einigen wächst die Conidie direkt zum Mycelium aus. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung bildet sich nur aus einem Teile des im Oogonium vorhandenen Protoplasmas eine Eizelle; das Antheridium legt sich an das Oogonium an (Fig. 140) und treibt einen Fortsatz bis zur Eizelle, in welchem Protoplasma zu dieser übertritt. Die Keimung der so entstandenen Oospore erfolgt nach längerer Ruhe meist durch Bildung von Schwärmsporen.

Die einfachste Form ist *Pythium*: einige Arten leben in Algen, andere, wie P. de Baryanum, in Keimpflanzen, P. vexans saprophytisch in Kartoffeln. — Bei *Peronospora* entsteht auf jedem Zweig des Fruchtträgers, der aus einer Spaltöffnung hervorwächst, nur eine Conidie, welche abgeworfen wird. — Bei *Phytophthora* werden die Conidien von den an ihrer Insertion entstehenden Seitenzweigen des Fruchtträgers

zur Seite geschoben; hierher gehört P. infestans, welche die gefürchtete Krankheit der Kartoffelpflanze hervorruft. Das Gewebe der Nährpflanze wird an allen befallenen Stellen zerstört und färbt sich schwarz, während im Umkreise der Pilz weiter wächst und durch die Spaltöffnungen seine Conidienträger entsendet (Fig. 139). Durch die sich aus den Conidien entwickelnden Schwärmsporen wird der Parasit auf andere gesunde Nährpflanzen übertragen; sie gelangen auch in den Erdboden und infizieren hier die Knollen, von welchen aus sich der Pilz im nächsten Jahre in die jungen Pflanzen verbreitet. Sexuelle Fortpflanzungsorgane sind bei diesem Pilz noch nicht gefunden worden.. *Phytophthora* omnivora befällt und zerstört die Keimpflanzen der Buche, sowie noch andere Pflanzen. Bei *Cystopus* bilden sich dicht nebeneinander Conidienträger in großer Zahl unter der Epidermis und sprengen diese; auf jedem entsteht eine Reihe von Conidien.

Die Oomyceten geben eine sehr klare Stütze für die Annahme, dass die Conidien rückgebildete Sporangien (S. 152) sind, indem bei den Peronosporaceen die Conidien teils direkt keimen, teils sich wie ein Sporangium verhalten, und Schwärmsporen entlassen.

2. Unterklasse: Mesomycetes.

Der Vegetationskörper ist vielzellig. Geschlechtliche Fortpflanzung ist unbekannt; ungeschlechtliche Fortpflanzung entweder durch Endosporen, welche in größerer, unbestimmter Zahl in Sporangien entstehen, oder durch Conidien.

Es sind Pilzformen, welche in der Mitte zwischen den Phycomyceten einerseits und den Ascomyceten und Basidiomyceten anderseits stehen; sie enthalten zwei Reihen, von denen die eine, die Hemiasci, Endosporen in Sporangien besitzen, aber diese Sporangien zeigen noch nicht die bestimmte Form der Asci mit der bestimmten Zahl der Endosporen wie bei den Ascomyceten; die zweite Reihe, die Ustilaginaceae, besitzen Conidien, aber diese entstehen noch nicht auf bestimmt geformten Basidien in bestimmter Zahl, wie bei den Basidiomyceten.

Reihe 1. Hemiasci.

Fortpflanzung durch Endosporen, welche in Sporangien in größerer, unbestimmter Zahl entstehen. Übergang zu den Ascomyceten (S. 156). — Protomyces macrosporus an Stengeln und Blattstielen der Umbelliferen dicke, gelbe Schwielen bildend.

Reihe 2. Ustilaginaceae, Brandpilze.

Sämtliche Glieder dieser Gruppe schmarotzen im Gewebe höherer Pflanzen, welches sie zuletzt völlig zerstören; an seine Stelle tritt ein Complex von Chlamydosporen (S. 152); diese sind von dunkler, meist schwärzlicher Farbe und entstehen aus den End- oder auch den Gliederzellen von Hyphen, welche sich in bestimmten Teilen, meistens Fortpflanzungsorganen der Nährpflanze, reich verästelt und dichte Massen gebildet haben.

Bei der nach einer Ruhezeit erfolgenden Keimung erwächst aus der Chlamydospore nicht direkt das Mycelium, sondern ein kurzer Keimschlauch, Promycelium, welcher entweder an seiner Spitze (Fig. 141 *B*, *d*) oder aus seinen Gliederzellen Sporidien (Fig. 141 *A*, *d*) entwickelt. Diese vereinigen sich gewöhnlich paarweise mit einander, sei es vor (Fig. 141 *B*, *v*)

oder nach ihrer Ablösung vom Promycelium. Darauf folgt das Auswachsen zum Myceliumfaden oder nochmalige (sekundär-) Sporidienbildung. — Wenige Arten besitzen außer diesem wesentlichen Entwickelungsgange noch Conidien.

Viele Arten bewohnen unsere Getreidearten, deren Körner alsdann von den Chlamydosporenmassen erfüllt sind; letztere keimen mit den gesunden Körnern zugleich, und das Mycelium durchwuchert die junge Pflanze bis zu den jungen Blüten, wo wiederum die Bildung von Chlamydosporen erfolgt. Die wichtigsten und häufigsten Arten sind *Ustilago* segetum, Flug- oder Rußbrand, die besonders den Hafer, aber auch andere Getreidearten und Gräser befällt; U. Maidis, die am Mais große mit den Chlamydosporen erfüllte Geschwülste verursacht, *Urocystis* occulta, welche in den Blättern und Stengeln des Roggens fruktifiziert, *Tilletia* Tritici, der Stinkbrand des Weizens, welcher um so gefährlicher ist, als die mit den Sporen erfüllten Körner geschlossen bleiben und daher mit den gesunden eingeerntet werden. Zahlreiche andere Arten und Gattungen bewohnen wildwachsende Kräuter, so z. B. Ustilago antherarum in den Antheren von Caryophyllaceae.

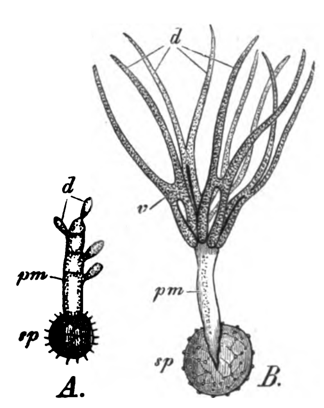


Fig. 141. Keimende Chlamydosporen *A* von Ustilago receptaculorum, *B* von Tilletia Tritici (400), *pm* das Promycelium, *d* die Sporidien.

3. Unterklasse: Ascomycetes, Schlauchpilze.

Diese besitzen ein aus gegliederten Hyphen bestehendes Mycelium, auf welchem meistens ein Fruchtkörper entsteht. Dieser enthält die ungeschlechtlich entstandenen Sporangien (Schläuche, Asci) von im allgemeinen keulenförmiger Gestalt (Fig. 142 *B*), deren Protoplasma sich durch freie Zellbildung in meist acht (aber auch 1, 2, 4) sich mit Membran umgebende Sporen sondert (s. Fig. 58, S. 51). Diese werden gewöhnlich aus den Schläuchen ausgespritzt, können vorher noch Teilungen erfahren und dadurch »zusammengesetzt« werden. In vielen Fällen geht die Bildung des Fruchtkörpers aus von einer großen, häufig schraubig gewundenen Zelle, dem Ascogon (Fig. 143 *B*, *C*, *as*). Der aus dem Ascogon hervorgehende wesentliche Bestandteil des Fruchtkörpers, die Gesamtheit der Schläuche, wird meist, aber nicht immer von einer Hülle (Fig. 143 *E*, *F*, *w*) umgeben, welche aus dem Mycelium in der Umgebung des Ascogons entsteht, die Masse der Schläuche ganz oder teilweise umschließt, auch einzelne Hyphen, die Paraphysen, zwischen die Schläuche hinein entsendet, und mit den Schläuchen zusammen den Fruchtkörper vorstellt; die Schläuche nebst den Paraphysen sind gewöhnlich zu einem Hymenium vereinigt. Bei einer Anzahl von Formen ist es indes nicht gelungen, die Entstehung der Schläuche aus dem Ascogon nachzuweisen; noch andere lassen überhaupt kein Ascogon erkennen. Es wurde früher angenommen, dass Sporenfrucht diese ein Geschlechtsprodukt sei, indem das Ascogon

durch einen sich anlegenden Schlauch, das Pollinodium (Fig. 143 *p*), oder durch stäbchenförmige Körper, die in den Spermogonien gebildeten Spermatien, befruchtet würde. Indes ist in neuerer Zeit nachgewiesen worden, dass die Spermatien zu einem Mycel auswachsen, daher den Conidien zuzuzählen sind; es ist ferner ein wirklicher Befruchtungsvorgang durch die Pollinodien nicht beobachtet worden.

Wenn sonach der Fruchtkörper auch nicht als Geschlechtsprodukt aufgefasst werden kann, ist er doch den Conidienbildungen gegenüber als die wesentliche Fruchtform der Ascomyceten zu betrachten und lässt sich von den Sporangien der Phycomyceten ableiten; vielleicht kann da, wo ein ausgebildetes Ascogon vorhanden ist, dieses der Eizelle der Phycomyceten gleichgesetzt werden, aus welcher (dort durch Vermittelung eines Ruhestadiums) ein oder mehrere Sporangien hervorgehen.

Die Conidien, welche neben den Schlauchfrüchten noch vorkommen können, werden teils auf bestimmten Ästen des Myceliums (Fig. 143 *A*, *st*) einzeln oder reihenweise abgeschnürt, teils bilden sie sich im Innern besonderer Behälter, der Pycniden. Sie fehlen manchen Gattungen vollständig, treten bei anderen häufiger, bei manchen ungleich viel häufiger als die Fruchtkörper auf; solche Conidien tragende Zustände von Ascomyceten sind viele unserer häufigsten Schimmelpilze. Auch Chlamydosporen kommen bei den Ascomyceten vor.

Reihe 1. Exoasci.

Die einzige Familie, die Exoascaceae, bildet keine Sporenfrucht, sondern die Asci entspringen direkt vom Mycelium.

Ascomyces, ohne fädiges Mycelium, lebt parasitisch in den Epidermiszellen der Schwarzerle. — *Taphrina*, parasitisch, bildet in der Nährpflanze ein fädiges Mycelium, von welchem zahlreiche Schläuche unter der Cuticula entspringen; T. Pruni verursacht die als »Narren« oder »Taschen« bekannten Deformitäten der Pflaumenfrüchte; andere Arten kommen auf Blättern, Früchten (Erle) verschiedener Bäume vor, erzeugen auch die als »Hexenbesen« bekannten Wucherungen der Birken, Hainbuchen und Kirschbäume.

Reihe 2. Carpoasci.

Mycelium vollkommen entwickelt; die Asci finden sich auf oder in besonderen Fruchtkörpern, welche vom Mycel gebildet werden. Hierher gehört die Hauptmasse der Ascomyceten.

Ordnung 1. Gymnoascales.

Die einzige Familie, die Gymnoascaceae (Gymnoascus), wächst saprophytisch auf Tierkot; der Fruchtkörper bildet eine lockere, unvollständig geschlossene Hülle.

Fig. 142. Fruchtkörper von Uncinula bicornis. *A* von außen gesehen, schwach vergrößert; *m* Mycelium, *f* Fruchtkörper, *h* Hüllfäden. *B* ein Schlauch aus demselben mit den Sporen *s*, stärker vergr.

Ordnung 2. Perisporiales.

Fruchtkörper mit vollständig geschlossener Hülle ohne Mündung, knollenförmig. Gehäuse zuletzt verwitternd oder von Tieren verzehrt, wobei die Sporen allein unverdaut den Darmkanal verlassen.

Fam. 1. **Erysiphaceae** oder **Mehltaupilze**. Im Fruchtkörper sind die Schläuche anscheinend regellos angeordnet, oft nur in geringer Anzahl vorhanden; die Hülle des Fruchtkörpers besitzt oft charakteristische fädige Anhängsel (Fig. 142 *A*, *h*).

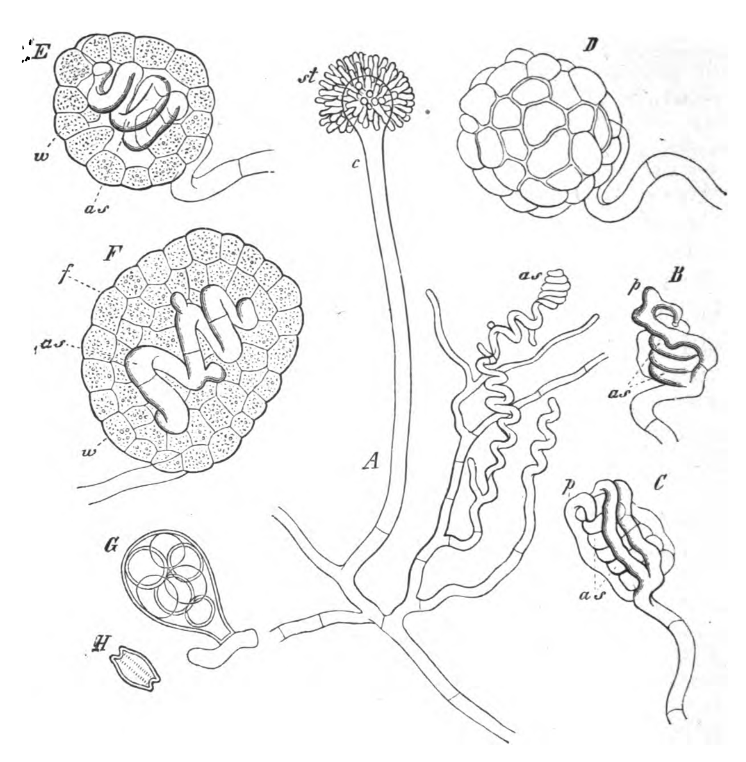


Fig. 143. Eurotium Aspergillus. *A* ein kleiner Theil des Myceliums mit dem Conidienträger *C*, von dessen Sterigmen (*st*) die Sporen schon abgefallen sind, und einem jungen Ascogon *as*. *B* Ascogon *as* mit dem Pollinodium *p*. *C* ebenso mit beginnender Umwachsung durch die Hülle. *D* ein Fruchtkörper von außen gesehen. *E* und *F* im Durchschnitt, noch unreif; *w* die Wandung, *f* das Füllgewebe, *as* der aus dem Ascogon entstandene Faden, der später die Schläuche trägt. *G* ein Schlauch; *H* reife Spore (Alles vergrößert, nach *Sachs*).

Die Arten der Gattung *Erysiphe* und verwandter Gattungen leben auf der Oberfläche zahlreicher Pflanzenteile, so den Blättern der Rose, des Hopfens u. s. w., und bilden hier einen zarten, weißen Überzug, den **Mehltau**. Die Myceliumfäden treiben nur kleine Ausstülpungen als Saugorgane. Die Fruchtkörper erscheinen dem bloßen Auge als schwärzliche Punkte. Die Conidienform einer solchen Erysiphe, deren Fruchtkörper noch unbekannt ist, daher vorläufig noch *Oidium Tuckeri* benannt, bewohnt die Blätter und jungen Früchte des Weinstocks und verursacht so die bekannte Traubenkrankheit.

2. Hieran schließen sich einige **Schimmelpilze** (Fam. **Perisporiaceae**) an, so zunächst *Eurotium* Aspergillus (Fig. 143), dessen Conidien auf einer kugeligen, mit Sterigmen besetzten Anschwellung der Fruchthyphe reihenweise abgeschnürt werden. Der gemeinste Schimmelpilz ist *Penicillium* glaucum, welches auf pinselförmig verzweigten Fruchthyphen Conidienreihen trägt (Fig. 144). In diesem Zustande erscheint er als graugrüner Überzug auf seinem Substrat, feuchten Gegenständen, Flüssigkeiten

aller Art. Die in neuerer Zeit gefundenen Fruchtkörper sind von Stecknadelkopfgröße und bestehen aus einem später sich auflösenden Gewebe der Hülle, welches in labyrinthischen Gängen von den schlauchtragenden Fäden durchzogen wird.

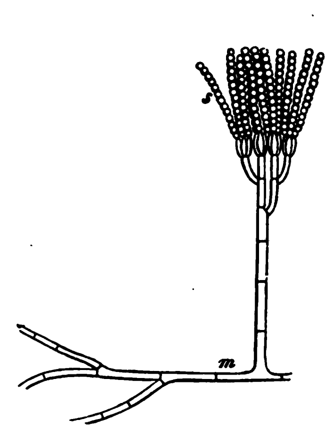


Fig. 144. Penicillium glaucum; *s* die Conidienreihen: *m* ein Fadenstück des Myceliums (150).

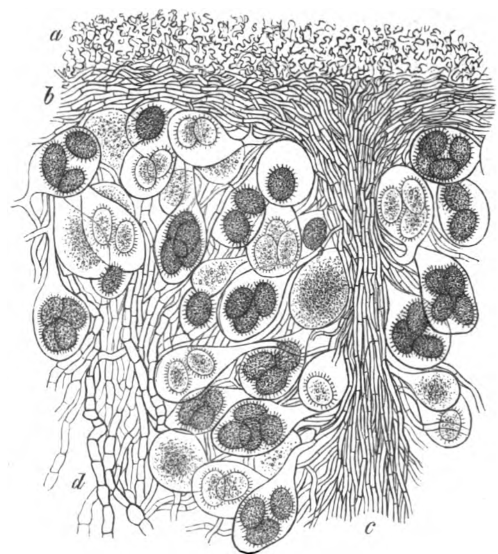


Fig. 145. Tuber rufum. Stück eines Durchschnittes durch die Frucht; *a* und *b* Schichten der Fruchthülle; *d* Hyphen. (Nach *Tulasne*.)

Fam. 3. Die Tuberaceen oder Trüffelpilze besitzen unterirdische rundliche Fruchtkörper, in welchen die schlauchtragenden Hymenien die Oberfläche labyrinthischer Gänge auskleiden (Fig. 145); Conidien sind nicht bekannt.

Nutzpflanzen: *Tuber* aestivum, brumale u. a. Arten, essbare Trüffel; *Elaphomyces* granulatus fast wallnussgroß, parasitisch an Kieferwurzeln.

Ordnung 3. Pyrenomyceten, Kernpilze.

Das Hymenium kleidet die Innenfläche flaschenförmiger oder rundlicher Behälter aus, der Perithecien (Fig. 146 *C*, *cp*), gegen deren sich öffnende Spitze die Schläuche und Paraphysen konvergieren. Diese Perithecien stehen entweder einzeln auf dem Mycelium, oder es beteiligt sich ein besonders ausgebildeter Teil desselben, das Stroma, an der Bildung eines zusammengesetzten Fruchtkörpers, welcher dann eine größere Anzahl von Perithecien trägt.

Unter den einfachen (mit einzeln stehenden Perithecien) verdienen Erwähnung *Sphaeria* und verwandte Gattungen, welche in vielen Arten auf abgestorbenen Blättern in Gestalt kleiner schwarzer Punkte vorkommen; *Calosphaeria*, deren lange und schmale Perithecien gruppenweise auf Holz und Rinde der Kirschbäume stehen, *Pleospora* und *Fumago*, deren Mycelien und Conidien den sog. Rußtau, einen schwarzen Überzug auf verschiedenen Pflanzenteilen bilden.

Bei den zusammengesetzten (mit Stroma) bildet das Stroma bald ein Polster, welchem die Perithecien frei aufsitzen, so bei *Nectria*, wo es auch Conidien trägt

(N. cinnabarina mit roten Perithecien und blassroten Conidienstromata auf abgestorbenen Zweigen, N. ditissima verursacht die »Krebs«-Krankheit der Buchen und Apfelbäume, N. Cucurbitula an jungen Fichten). Bald bildet es warzenförmige oder unregelmäßig begrenzte Krusten, die durch die Mündungen der eingesenkten Perithecien punktiert erscheinen; dahin gehört *Diatrype* disciformis mit schwarzen, erbsengroßen Warzen, sehr häufig auf toten Zweigen. Oder das Stroma entwickelt sich zu einem aufrechten, keulenförmig oder büschelförmig verzweigten Körper, so z. B. bei *Xylaria*, deren Stromata sehr häufig auf Baumstrünken vorkommen; im oberen Teile sind sie oft von Conidien mehlig bestäubt. Hierher gehört auch *Claviceps* purpurea, welche das sog. Mutterkorn bildet. Das Mycelium dieses Pilzes überzieht den jungen Fruchtknoten des von diesem Pilze befallenen Roggens (oder anderer Gräser) und bildet Conidien, welche, in eine schleimige Substanz eingebettet, den sog. Honigtau vorstellen und den Pilz sofort auf andere Graspflanzen übertragen können. Mit der

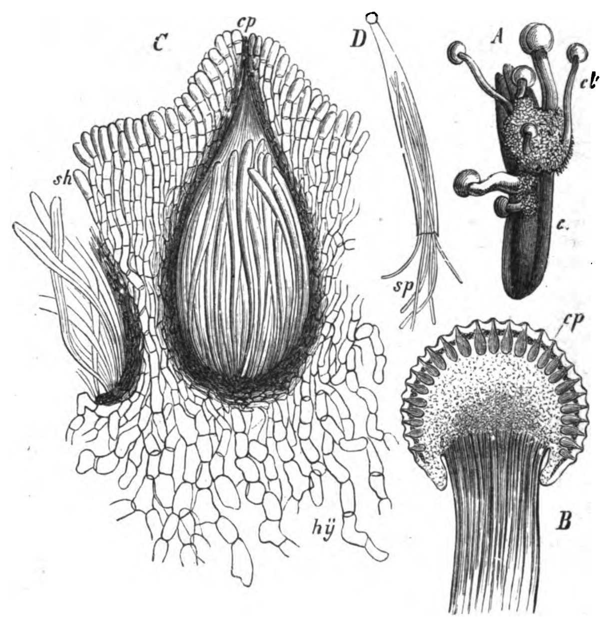


Fig. 146. Claviceps purpurea; *A* ein Sclerotium (*c*), welches Fruchtkörper (*cl*) bildet (zweimal vergr.), *B* ein solcher Fruchtkörper durchschnitten (vergr.); *cp* die Perithecien. *C* ein Perithecium noch stärker vergrößert; *D* ein Ascus zerrissen, die schmalen Sporen (*sp*) entlassend (nach *Sachs*).

Zeit durchdringt dieser Pilz das ganze Gewebe des Fruchtknotens und bildet nach dessen Zerstörung eine harte Gewebemasse von etwa 1—2 Centimeter Länge und dunkelvioletter Farbe, das Sklerotium, welches unter dem Namen Mutterkorn bekannt ist. Dieses Sklerotium entwickelt, auf Erde gebracht, im kommenden Frühjahr einige gestielten Köpfchen ähnliche Stromata (Fig. 146 *A*), auf deren Oberfläche die zahlreichen Perithecien eingesenkt sind (Fig. 146 *B*, *cp*). Die hierin entwickelten Schlauchsporen gelangen auf junge Roggenpflanzen und erzeugen dort, indem das Mycelium, durch die Blattscheiden eindringend, sich bis in die Blüte verbreitet, wieder den sog. Honigtau. — Die Arten der Gattung *Cordyceps* bewohnen Insektenlarven.

Zu den Pyrenomyceten dürfte wohl auch *Dematophora* necatrix gehören, deren Mycelium in den Wurzeln des Weinstocks und anderer Pflanzen lebt; von Fortpflanzungsorganen kennt man bisher nur Conidien.

Offizinell: Secale cornutum, das Sclerotium von Claviceps purpurea.

Ordnung 4. Hysteriales.

Fruchtkörper erst geschlossen, zur Reifezeit sich lappenartig öffnend. — Hysterium auf den Nadeln der Nadelhölzer, das Rotwerden und Abfallen der Nadeln bewirkend.

Ordnung 5. Discomyceten, Scheibenpilze.

Sie unterscheiden sich von den vorigen nur dadurch, dass das Hymenium auf der Oberfläche des meist scheiben- oder becherförmigen Fruchtkörpers, des Apotheciums, ausgebreitet ist (Fig. 147 *h*).

1) Die Phacidiaceen leben auf verschiedenen Pflanzenteilen, denen die meist kleinen schwärzlichen Fruchtkörper ein- oder aufgewachsen sind. *Rhytisma* acerinum erscheint in Form rundlicher schwarzer Flecken auf Ahornblättern; das Mycelium lebt parasitisch; die Entwickelung der Fruchtkörper findet aber erst auf den abgefallenen Blättern statt.

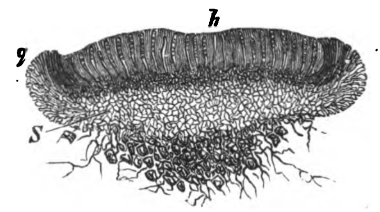


Fig. 147. Längsschnitt des Fruchtkörpers von Peziza convexula; *h* das Hymenium (nach *Sachs*).

2) Die Pezizaceen mit meist fleischigen oder wachsartigen, becherförmigen Fruchtkörpern. *Ascobolus* auf Mist, viele Arten von *Peziza* auf dem Erdboden, andere auf Pflanzenteilen (P. Willkommii verursacht den sog. Krebs der Lärchenstämme), *Bulgaria* mit gallertartigem kreiselförmigem, schwarzem Fruchtkörper auf toten Zweigen.

3) Die Helvellaceen haben Fruchtkörper von im allgemeinen keulenförmiger Gestalt, deren flache oder netzigrunzelige Oberfläche ganz mit dem Hymenium überzogen ist; hierher gehören die (essbaren) Arten der Gattung *Morchella*, Morchel, mit kegelförmigem Hut, d. h. oberem Teil des Fruchtkörpers; *Helvella* u. a.

Anhang.

Die Flechten (Lichenes) sind fast sämtlich Ascomyceten aus den Gruppen der Pyrenomyceten und Discomyceten, welche auf Algen und chlorophyllhaltigen Schizophyten schmarotzen. Diese Algen sind in den Flechtenthallus eingeschlossen und wurden früher Gonidien genannt (Fig. 148 *g*), können vielleicht als Nährzellen bezeichnet werden. Es sind teils einzelne, kugelige, grüne Zellen, welche der Familie der Pleurococcaceen angehören, oder reihenweise verbundene, mit rotem Inhalt versehene Zellen der Gattung Chroolepus, oder die blaugrünen Fäden von Nostoc und anderen Cyanophyceen. Dieselben sind entweder ordnungslos im ganzen Thallus der Flechte zerstreut; der Thallus heißt dann homöomerisch; oder in bestimmten Schichten zwischen dem Fadengeflechte angeordnet: heteromerischer Thallus (Fig. 148). Die Fortpflanzungsorgane gehören vollständig dem Pilz an und sind demgemäß in Schläuchen erzeugte Sporen; die Schläuche stehen bei den einen auf der Oberfläche schüsselförmiger Apothecien (Discolichenes), bei den andern in Perithecien eingeschlossen (Pyrenolichenes). Außerdem kommen aber auch Pycniden vor, deren für

Spermatien gehaltene Sporen keimen. Ferner vermehren sich die Flechten noch durch Soredien, nämlich Knäuel von Algenzellen, umsponnen von Pilzfäden, die aus dem Thallus frei werden und wieder zu einem neuen Thallus auswachsen (Fig. 149). — In neuester Zeit wurden auch einige ebenso auf Cyanophyceen parasitierende Basidiomyceten aus den Tropen bekannt.

Die Flechten leben an Bäumen, Felsen, Mauern, auch auf der Erde zwischen Moosen; sie können vollständig austrocknen, ohne ihre Lebens-

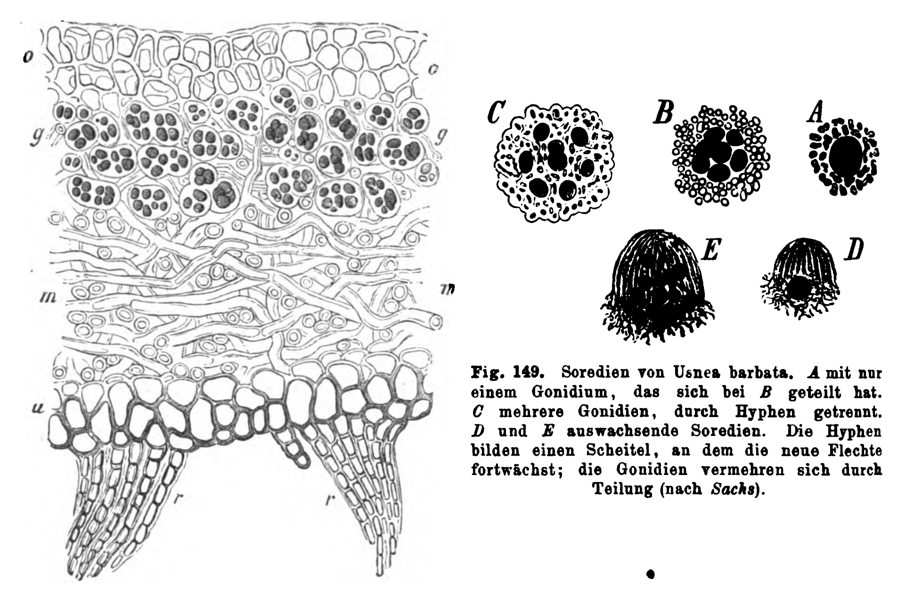


Fig. 149. Soredien von Usnea barbata. *A* mit nur einem Gonidium, das sich bei *B* geteilt hat. *C* mehrere Gonidien, durch Hyphen getrennt. *D* und *E* auswachsende Soredien. Die Hyphen bilden einen Scheitel, an dem die neue Flechte fortwächst; die Gonidien vermehren sich durch Teilung (nach *Sachs*).

Fig. 148. Querdurchschnitt durch den Thallus von Sticta fuliginosa (500); *o* Rinde der Oberseite, *u* der Unterseite; *m* Hyphengeflecht der Markschicht; *g* die Gonidien, *r* Haftfasern der Unterseite (nach *Sachs*).

fähigkeit zu verlieren; besonders die sog. Krustenflechten bewohnen noch die höchsten Felsen der Hochgebirge, wo keine andere Vegetation mehr gedeiht, und tragen wesentlich zur Verwitterung des Gesteins bei.

Man pflegte sie in künstlicher Weise nach der Form und Beschaffenheit des Thallus einzuteilen in 1) Strauchflechten mit strauchförmigem Thallus ohne Verschiedenheit von Ober- und Unterseite, hohlzylindrischer Nährzellenschicht; 2) Laubflechten mit flachem Thallus, einer einfachen Nährzellenschicht unter der Oberseite; 3) Krustenflechten mit wenig oder gar nicht bestimmt umgrenztem Thallus, der oft dem Substrat eingewachsen ist; 4) Gallertflechten mit gallertartigen Membranen, homöomerisch. Diese Einteilung drückt aber nur das äußere Ansehen aus, keineswegs aber die natürliche Verwandtschaft. Nach letzterer müssen vor Allem die Pyrenolichenes und Discolichenes, wie oben, unterschieden werden.

A. Pyrenolichenes. Aus dieser verhältnismäßig kleinen Gruppe seien *Verrucaria* und *Pertusaria* (Fig. 151 *C*) genannt mit krustenförmigem Thallus; die Perithe-

cien sind einzeln oder gruppenweise in Thalluswarzen eingesenkt; *Endocarpon* mit laubigem, durch die Perithecien schwarz punktiertem Thallus.

B. Discolichenes. Die *Parmelieae* haben zum Teil laubigen Thallus, an der Unterfläche mit Haftfasern, schüsselförmige Apothecien. *Xanthoria* parietina mit schwefelgelbem, reichlich fruktifizierendem Thallus an Baumstämmen und Mauern, meist gesellig mit anderen graugefärbten Arten. — *Physcia* ciliaris mit bewimpertem Thallus. — *Sticta* pulmonacea (Fig. 150 *B*) mit netziggrubigem, gelblichem Thallus, an Baumstämmen. — *Cetraria* mit laubigem oder strauchigem Thallus, z. B. C. islandica, isländisches Moos.

Usneeae mit strauchigem, aus einer Anheftungsstelle sich erhebendem Thallus: *Usnea* (Fig. 150 *A*) und verwandte Gattungen mit zylindrischem Thallus, Baumbart,

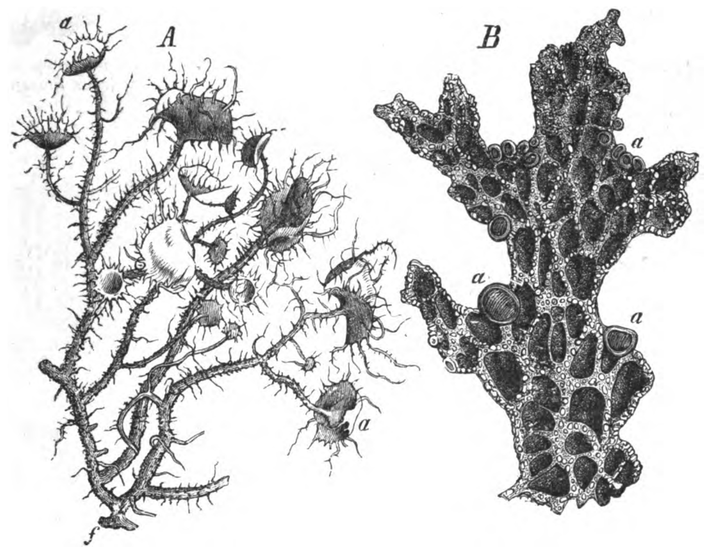


Fig. 150. *A* Usnea barbata, mit Apothecien *a*; *B* Sticta pulmonacea, mit Apothecien *a* (nat. Gr.) (nach *Sachs*).

an Bäumen. — *Roccella* tinctoria wächst an Felsen in den Mittelmeergegenden und dient nebst anderen Flechten zur Bereitung des Lacmus. — *Ramalina* und *Evernia* mit bandartig flachem Thallus häufig an Bäumen, Bretterzäunen.

Peltideae mit laubigem Thallus, schildförmigen Apothecien; *Peltigera* auf Moosboden der Wälder.

Gyrophoreae mit laubigem, zentral angeheftetem Thallus von schwärzlicher Farbe, an kieselhaltigen Felsen der Gebirge.

Lecanoreae mit krustenförmigem Thallus, Apothecium anfangs durch den Saum geschlossen.

Lecideae krustenförmig; Apothecium anfangs offen; z. B. *Buellia* parasema, an Baumstämmen, *Biatora*, *Rhizocarpon* geographicum, das auf kieselhaltigen Gesteinen oft schwefelgelbe Krusten von kolossaler Ausdehnung bildet. Hierher auch die vielgestaltige Gattung *Cladonia*, Säulchenflechte, deren Thallus meist schuppig ist; die Apothecien gestielt und die Stiele von verschiedener Form, säulen- oder trichterförmig, oder korallenartig verzweigt; C. rangiferina, Renntierflechte. Auch *Baeomyces* hat gestielte Apothecien.

Collemeae mit gallertigem oder fädigem Thallus, mit Nostoc oder anderen Schizophyten als Nährzellen; so *Collema* (Fig. 152 u. 153) mit lappigem, schwärzlichem Thallus, enthaltend die Fäden von Nostoc; fädig ist der Thallus bei *Ephebe* (in Gebirgen), welche eigentlich nur einen von Hyphen umsponnenen Sirosiphon vorstellt.

Graphideae mit linienförmiger oder unregelmäßiger Gestalt der Apothecien, (Fig. 151 *A*, *B*), meist Trentepohlia als Nährzellen.

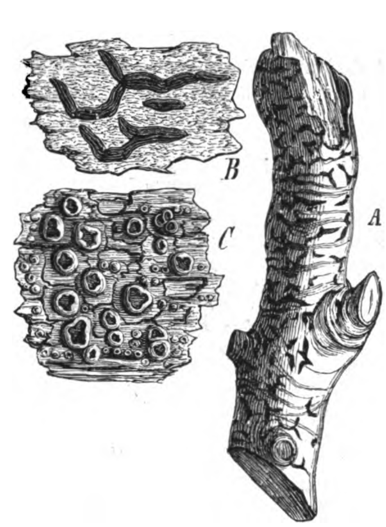


Fig. 151. *A* und *B* Graphis elegans. *B* wenig vergrößert. *C* Pertusaria Wulfeni (wenig vergr.) (nach *Sachs*).



Fig. 152. Collema pulposum (wenig vergrößert) (nach *Sachs*).

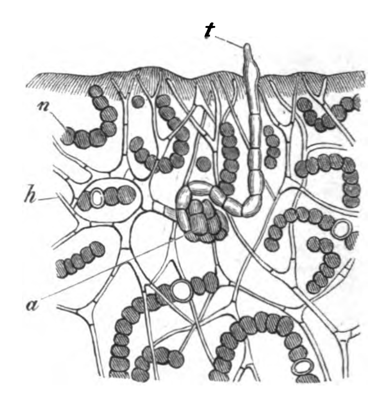


Fig. 153. Stück aus dem Thallus von Collema; *h* die Hyphen; *n* die Nostocfäden; *a* und *t* das vermeintliche weibliche Organ. (350; nach *Stahl*.)

Caliciea e mit gestielten, berandeten Apothecien, deren Schläuche zerstäuben.

Sphaerophoreae mit ebensolchen Apothecien, im Wuchs ähnlich wie Cladonia.

Offizinell: Lichen islandicus, der Thallus von Cetraria islandica.

Nutzpflanzen: Als Nahrungsmittel finden Verwendung Cetraria islandica, Lecanora esculenta — Farbstoffe (Lacmus) liefern Roccella tinctoria, Ochrolechia tartarea u. a.

4. Unterklasse: Basidiomyceten.

Hierher gehören die meisten der großen, im gewöhnlichen Leben als Pilze oder Schwämme bezeichneten Repräsentanten der Klasse. Das Mycelium kriecht meist in Form zarter weißer Fadengeflechte im Substrat verborgen, und der Teil, welcher gewöhnlich als Pilz bezeichnet wird, ist der Fruchtkörper. Man glaubte diese Fruchtkörper für sexuell entstandene Sporenfrüchte halten zu müssen; die sorgfältigsten Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass sie ohne sexuelle Vorgänge direkt durch Auswachsen einzelner Teile des Myceliums hervorgehen.

Das Hymenium, welches sich an der ganzen, oder einem Teil der Oberfläche (Fig. 155 *B*, *hy*), oder auch im Inneren des Fruchtkörpers befindet, besteht aus sporenabschnürenden Basidien, welchen meist Paraphysen beigesellt sind.

Unter Basidien versteht man kurz zylindrische oder keulenförmige Zellen, die am oberen Ende meist 1—4 feine Zweiglein treiben, die sog. Sterigmen, deren jedes an der Spitze eine sich abgliedernde Conidie, hier Basidiospore genannt, bildet (Fig. 154, 155). Die Gestalt der Hymenialfläche und ihre Lage am Fruchtkörper ist bei den Unterabteilungen verschieden; wo das Hymenium bestimmt gestaltete Vorsprünge überzieht oder die Wandung von Hohlräumen auskleidet, wird das vom Hymenium überzogene Gewebe als Trama (Fig. 155 *B*, *t*) bezeichnet.

Außer den Basidiosporen kommen bei mehreren Gattungen noch Conidien vor, welche bald an den Fruchtkörpern, bald am Mycelium auftreten.

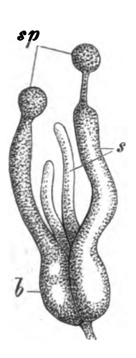


Fig. 154. Basidie (*b*) von Tremella (350); *s* Sterigma, *sp* Sporen.

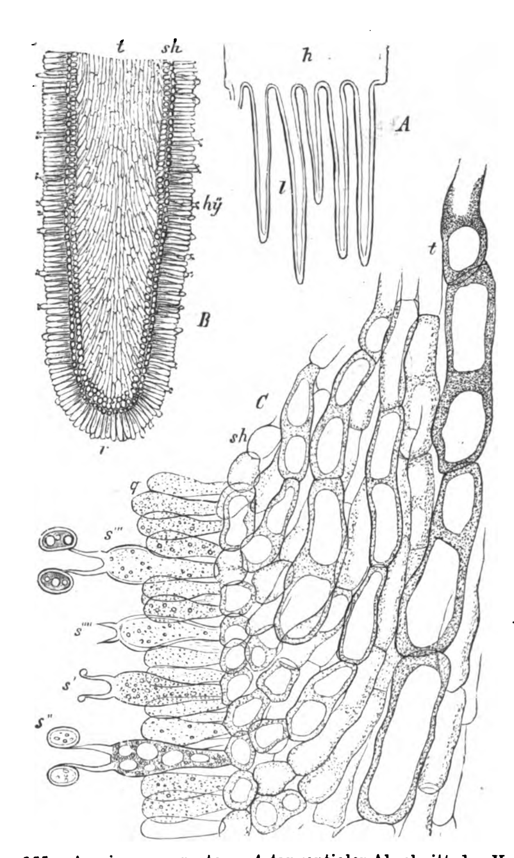


Fig. 155. Agaricus campester. *A* tangentialer Abschnitt des Hutes, die Lamellen (*l*) zeigend. *B* ein solcher Schnitt durch eine Lamelle stärker vergrößert; *hy* das Hymenium; *t* das mittlere Gewebe, Trama, *C* ein Stück desselben Schnittes stärker (550) vergrößert. *q* junge Basidien und Paraphysen; *s'* erste Bildung der Sporen auf der Basidie; *s''* und *s'''* weiter entwickelte Sporen; bei *s''''* sind die Sporen schon abgefallen (nach *Sachs*).

Reihe 1. Protobasidiomycetes.

Die Basidien sind quer oder längs geteilt; an jeder Teilzelle steht eine Basidiospore (Fig. 154).

1. Fam. **Uredinaceae, Rostpilze.** Parasiten im Gewebe höherer Pflanzen, bisweilen mit gelben Öltropfen in den Zellen des Mycels. Ungeschlechtliche Fortpflanzung sehr mannigfaltig durch Chlamydosporen und Conidien. Die Chlamydosporen sind 1) Uredosporen, 2) Teleutosporen und 3) Aecidiosporen. Die Conidien treten auf 1) als Spermatien und 2) als Sporidien. Letztere sind als Basidiosporen aufzufassen, das Promycel, an dem sie entstehen, als Basidie.

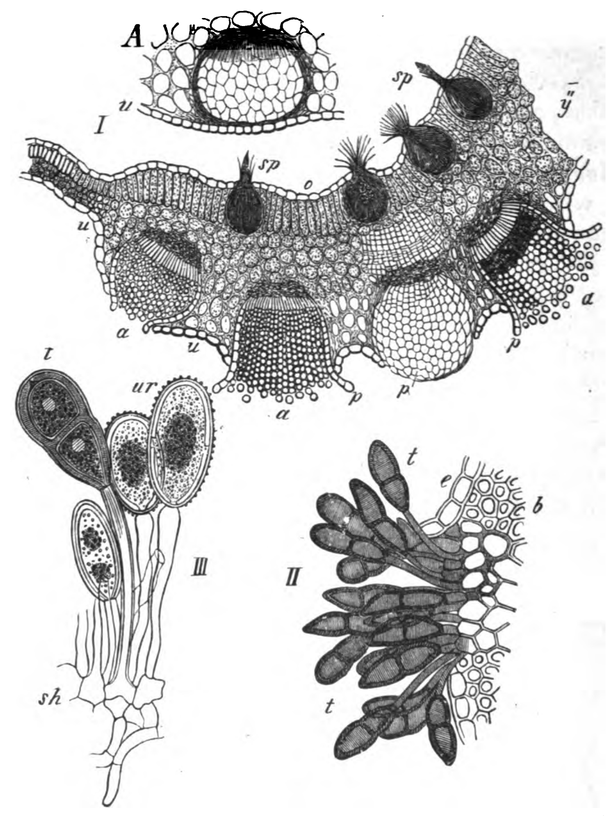


Fig. 156. Puccinia graminis; *I* Blattquerschnitt von Berberis mit Aecidien *a*; *p* deren Wand; *u* Unter-, *o* Oberseite des Blattes, das an der Strecke *uy* infolge des Schmarotzers verdickt ist; auf der Oberseite stehen Spermogonien (*sp*). *A* ein junges noch nicht hervorgebrochenes Aecidium. *II* Teleutosporenlager (*t*) auf dem Blatt von Triticum repens, *e* dessen Epidermis. *III* Teil eines Uredolagers ebendort; *ur* die Uredosporen; *t* eine Teleutospore (nach *Sachs*).

Bei den Rostpilzen bildet das Mycelium auf der Nährpflanze wenigstens eine Form von Sporen, die Teleutosporen; sie werden in großer Anzahl beisammen, meist in Form kleiner, an der Oberfläche des Pflanzenteils erscheinender Lager gebildet, entweder unter der Epidermis, welche dann gesprengt wird (Fig. 156 *II*), oder in der Epidermis. Sie sind bald einfach, bald in verschiedener Art geteilt, besitzen eine derbe, braune Membran, überdauern den Winter und keimen erst im nächsten Frühjahr. Sie erzeugen

ein kurzes, als Basidie aufzufassendes Promycel, aus wenigen Zellen bestehend, an welchem auf Sterigmen die Basidiosporen, hier Sporidien genannt, abgeschnürt werden (Fig. 157). Aus den Sporidien entwickelt sich bei allen Rostpilzen das Mycel auf der Nährpflanze von Neuem. So vereinfacht ist aber der Entwicklungsgang nur bei wenigen Rostpilzen (Puccinia Malvacearum, Chrysomyxa abietis); bei den meisten bringt der Pilz noch andere Sporen hervor, die dann in regelmäßiger Aufeinanderfolge mit den Teleutosporen abwechseln und einen Generationswechsel des Pilzes bedingen.

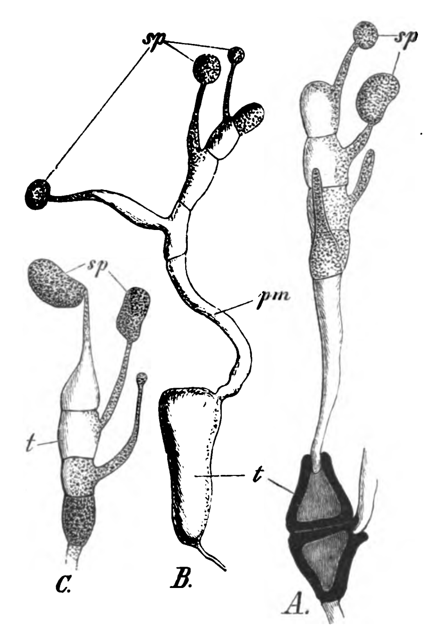


Fig. 157. Keimung der Teleutosporen verschiedener Uredineen; *A* von Puccinia (400), *B* von Melampsora (300), *C* von Coleosporium (230); *t* Teleutosporen, *pm* Promycelium, *sp* Sporidien.

Es geht nämlich vielfach der Bildung von Teleutosporen die Ausgliederung von Uredo- oder Sommersporen voraus, welche eine farblose Membran und einen roten Inhalt besitzen (Fig. 156 *III*). Sie sind sofort keimfähig und erzeugen immer dieselbe Pilzform an derselben Nährpflanze; durch sie regeneriert sich das Mycel während des Sommers.

Endlich finden sich bei sehr vielen Rostpilzen auch Aecidien mit Aecidiosporen (Fig. 156 *Ia*). Wo ein Aecidium auftritt, erscheint es als erste Generation im Frühjahr, zunächst von den Sporidien hervorgebracht. Die Aecidien sind meist becherförmige Fruchtkörper; ihr Grund ist mit dem Hymenium ausgekleidet; hier werden auf dicht neben einander stehenden Hyphenenden je eine Reihe rötlich gefärbter Aecidiosporen abgeschnürt. Die Hülle (Peridie) öffnet sich am Scheitel napfartig (Fig. 156 *Ia*) oder einseitig oder durch Längsspalten; bei wenigen Formen fehlt sie ganz.

Die Spermogonien (Fig. 156 *I*, *sp*) treten meist in Begleitung der Aecidien, jedoch mit frühzeitigerer Entwicklung auf; in ihnen werden kleine stäbchenförmige Zellen, die Spermatien, abgeschnürt.

Außer dieser großen Mannigfaltigkeit in der Sporenbildung zeigen die Rostpilze noch vielfach die merkwürdige Thatsache, dass der Generationswechsel mit einem Wechsel der Wirtspflanze verbunden ist. Bei den autöcischen Rostpilzen vollzieht sich der Generationswechsel auf einer Pflanzenart (Uromyces Betae u. viele a.); bei den heteröcischen Formen tritt die Aecidiengeneration auf einer andern Pflanzenart auf. Als Beispiel sei der gemeine Getreiderost (Puccinia graminis) genannt. Uredosporen und Teleutosporen entstehen hier auf einer Grasart. Die im Frühjahr er-

zeugten Sporidien keimen aber nur auf Berberitze und erzeugen hier die Aecidien, deren Sporen, auf Gräser gelangt, sofort ein Mycel mit Uredosporen hervorrufen. Dieser Rostpilz kann auf Gramineen nicht auftreten, wenn nicht im Frühjahr die Aecidienbildung auf Berberis stattgefunden hat.

Die Uredinaceae zerfallen in folgende Gruppen:

1. Puccinieae. Die Teleutosporen einzeln oder zu mehreren auf einem Stiel; meist auch Aecidien und Uredosporen. Zur Gattung *Puccinia* mit zwei übereinanderstehenden Teleutosporen gehört vor Allem Puccinia graminis (Fig. 156), der Rost des Getreides; die Uredosporen (früher Uredo linearis genannt) bilden auf den Blättern und Halmen der Getreidearten und Gräser rote Streifen; im Herbste treten in ähnlichen schwarzen Streifen die Teleutosporen auf; im kommenden Frühjahr erscheinen auf den Blättern von Berberis auf roten angeschwollenen Stellen die Aecidien (früher als Aecidium Berberidis beschrieben). Die sehr ähnliche, ebenfalls Getreide bewohnende P. Rubigo vera kann sich fortwährend durch Uredosporen vermehren, während ihre Aecidien (auf Boragineen) verhältnismäßig selten auftreten. — P. Compositarum mit den verschiedenen Sporenformen auf der gleichen Pflanze. — Von Puccinia ist *Uromyces* nur durch die einzelligen Teleutosporen verschieden; U. Betae erzeugt den Runkelrübenrost; zu Uromyces Pisi auf Papilionaten gehört das Aecidium, das in den Blättern der Euphorbia Cyparissias auftritt und deren auffallende Verbreiterung verursacht; das Aecidiummycelium perenniert hier im Rhizom der Wolfsmilch.

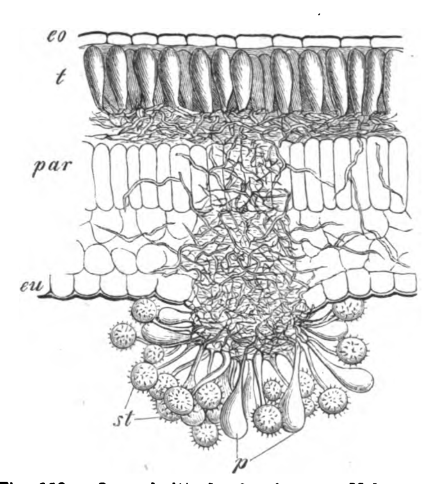


Fig. 158. Querschnitt durch ein von Melampsora salicina befallenes Weidenblatt, *par* dessen Parenchym, *eo* Epidermis der Oberseite, *eu* Epidermis der Unterseite; an der Unterseite bricht ein Lager von Uredosporen (*st*) mit Paraphysen (*p*) hervor, unter der Epidermis der Oberseite das junge Teleutosporenlager *t* (260).

2. Phragmidieae. Teleutosporen gestielt, keulenförmig oder zylindrisch, mehrzellig — *Phragmidium* auf Rosa, Rubus u. a.

3. Endophylleae. Teleutosporen in Ketten, sich leicht trennend, mit einer Hülle umgeben; andere Sporen fehlen. — *Endophyllum* Sempervivi auf Crassulaceen.

4. Gymnosporangieae. Bei *Gymnosporangium* stehen die Teleutosporen zu zweien übereinander auf Stielen, die zu einer gallertigen Masse verbunden sind; das teleutosporenbildende Mycelium perenniert in den Zweigen von Nadelhölzern, besonders Juniperusarten; die Teleutosporen erscheinen im Frühjahre und keimen auf den Blättern von Pomoideen, wo im Sommer die großen, sich durch Längsspalten öffnenden Aecidien auftreten. G. Sabinae auf Juniperus Sabina, die Aecidien (Röstelia cancellata) auf Birnblättern; G. clavariaeforme auf Juniperus communis, die Aecidien (R. lacerata) auf Weißdornblättern; G. juniperinum ebenfalls auf J. communis, die Aecidien (R. cornuta) auf Vogelbeerbäumen.

5. Melampsoreae. Die Teleutosporen meist zu mehreren, zu einem festen Lager untereinander verbunden (Fig. 158 *t*); Aecidien für die meisten nicht bekannt, wohl aber Uredosporen. *Melampsora* mit schwarzen, im Frühjahre reifenden Teleutosporenlagern, M. salicina, populina, betulina, Lini auf den entsprechenden Pflanzen. *Calyptospora* Göppertiana verursacht auffallende Anschwellungen an den Stengeln von Vaccinium Vitis idaea; das zugehörige Aecidium auf den Nadeln der Weißtanne (Ae. columnare). — *Chrysomyxa* abietis mit goldgelben Teleutosporen in Längsreihen, die

Ende April auf den zweijährigen Fichtennadeln auftreten und bei der Keimung die sich eben entfaltenden Nadeln infizieren. Hier entwickeln sich aus den Teleutosporen direkt wieder Teleutosporen; hingegen gehören zu Chrysomyxa Rhododendri, welche auf den Blättern der Alpenrose vorkommt, und zu Chr. Ledi die früher als Ae. abietinum beschriebenen Aecidien auf den Fichtennadeln. — *Coleosporium* mit ebenfalls goldgelben Teleutosporen in Längsreihen, mit nur einer Sporidie aus jeder Spore (Fig. 157 *C*), auf verschiedenen Kräutern. Zu C. Senecionis, das auf S. silvaticus u. a. im Sommer (Uredosporen) und Herbst (Teleutosporen) häufig ist, gehört wahrscheinlich das Aecidium auf den Nadeln der Kiefern. — Bei *Cronartium* sind die Teleutosporen zu einer Säule vereinigt; zu C. ribicola gehören die großen Aecidien auf den Zweigen von Pinus Strobus.

Unvollständig bekannte Aecidien, die sich nicht direkt reproduzieren, also Teleutosporen besitzen müssen, deren Zugehörigkeit noch nicht erkannt ist: *Ae.* elatinum, das in der Rinde der Weißtanne lebt und die großen Krebsgeschwülste, sowie die als Hexenbesen bekannten monströsen Zweige verursacht, auf deren Nadeln die Aecidienfrüchte erscheinen. — Ae. strobilinum auf den Zapfenschuppen der Fichte. Ae. Pini auf den Zweigen und dem Stamm von Pinus silvestris.

2. Fam. Auriculariaceae. Die Basidien sind der Quere nach geteilt; aus jeder Gliederzelle entspringt ein Sterigma mit einer Basidiospore.

3. Fam. Tremellaceae, Die Basidien sind der Länge nach geteilt (Fig. 154). Die Fruchtkörper gallertig. — *Tremella* mesenterica mit gelbem, unregelmäßig faltigem Fruchtkörper u. a. auf faulem Holze.

4. Fam. Pilacraceae. Basidien quergeteilt; Fruchtkörper geschlossen.

Reihe 2. Autobasidiomycetes.

Die Basidien sind einzellig.

Ordnung 1. Hymenomycetes, Hutpilze.

Das Hymenium liegt, wenigstens zur Zeit der Sporenbildung, meist schon vorher, auf der freien Außenfläche des Fruchtkörpers. — Vergl. Fig. 159.

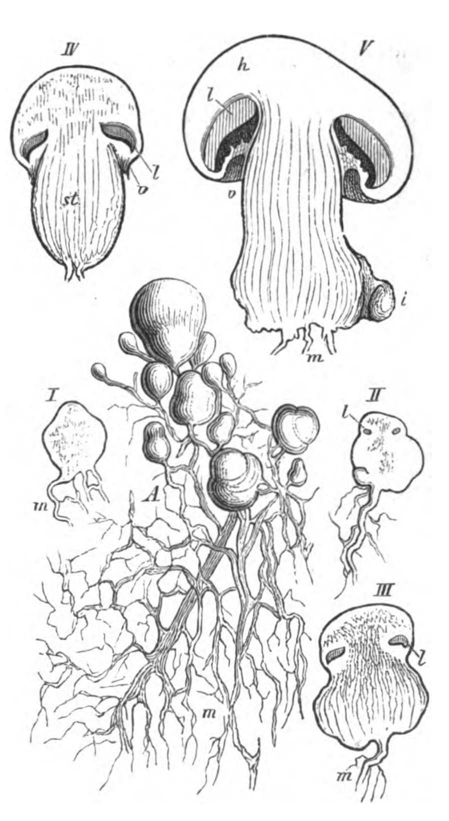


Fig. 159. Agaricus campester. *A* Stück eines Mycels mit jungen Fruchtanlagen. *I*—*V* auf einander folgende Entwicklungsstadien des Hutes; *m* Mycel, *st* Stiel, *h* Hut, *l* Lamellen. (Nach *Sachs*.)

1. Exobasidiaceae. Kein Fruchtkörper; die Basidien entspringen einzeln oder in Büscheln von dem parasitisch in grünen Pflanzenteilen wachsenden Mycelium. *Exobasidium* Vaccinii erscheint in Form weißer Krusten auf den Blättern von Vaccinium Vitis Idaea.

2. Hypochnaceae. Fruchtkörper auf der Unterlage ausgebreitet, mit lockerem Gewebe und lockerem Hymenium.

3. Thelephoraceae. Fruchtkörper fest mit dichtem Hymenium, ausgebreitet oder hutförmig, letzterenfalls das Hymenium unterseits. — *Corticium* bildet Krusten auf Baumrinden; *Stereum* hat hutförmige Fruchtkörper, die von oben manchen Polyporusarten täuschend ähnlich sind, aber eine glatte Hymenialfläche besitzen; an Baumstämmen.

4. Clavariaceae. Das Hymenium überzieht die glatte Oberfläche des zylindrischen oder keulenförmigen, oft verzweigten Fruchtkörpers: *Clavaria*; besonders C. flava, Ziegenbart, essbar, mit schwefelgelbem, korallenartig verzweigtem Fruchtkörper.

5. Hydnaceae. Das Hymenium überzieht stachelförmige Vorragungen des Fruchtkörpers; dieser ist seltener krusten-, meist hutförmig mit unterseitiger Hymenialfläche, seitlich angewachsen oder gestielt. *Hydnum* imbricatum, Habichtsschwamm, essbar, mit fleischigem, zentral gestieltem Hute.

6. Polyporaceae. Das Hymenium überzieht die Innenfläche von runden oder gewundenen bis gestreckten Röhren, welche frei oder meist zu einer Fruchtschicht fest unter sich verwachsen einen Teil des Fruchtkörpers bedecken, an den hut- oder konsolenförmigen Fruchtkörpern die Unterseite einnehmen. *Polyporus* besitzt meist seitlich angewachsene oft hutförmig gestaltete Fruchtkörper. P. fomentarius dient zur Bereitung des Feuerschwammes, das Mycelium von P. (Trametes) Pini wächst im Kernholz der Kiefer und verursacht dessen Fäulnis; P. annosus in den Wurzeln und unteren Stammteilen der Kiefer und Fichte, deren Absterben verursachend. Verschiedene Arten, so besonders P. igniarius und P. sulfureus, verursachen durch das Wachstum und die Ernährung ihres Myceliums Zersetzungen des Holzes lebender Bäume, an deren Oberfläche alsdann die Fruchtkörper erscheinen. — *Daedalea*, deren Röhren in Form labyrinthischer Gänge untereinander anastomosieren, an alten Eichen. *Serpula* lacrimans, der Hausschwamm; das Mycelium überzieht und zerstört das Gebälk der Häuser. — *Boletus* mit fleischigem, zentral gestieltem Hut, dessen Fruchtschicht sich sehr leicht abziehen lässt, essbare (B. edulis, Steinpilz, B. scaber, Kapuzinerpilz) und giftige (B. Satanas u. a.) Arten.

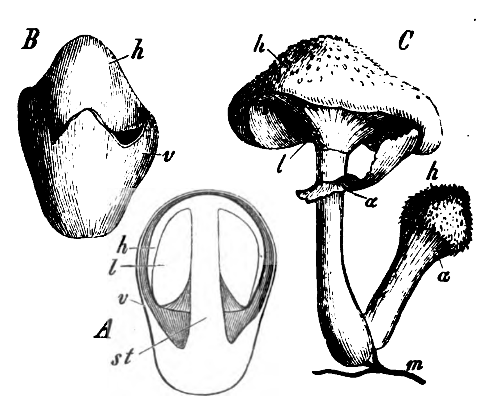


Fig. 160. *A* Jugendzustand des Agaricus vaginatus', *v* das Velum universale, *st* Stiel, *h* Hut, *l* Lamellen; *B* etwas vorgeschrittener, das Velum *v* aufgerissen; *C* Agaricus melleus, *m* Mycelium, *a* der Ring, entstehend aus dem Velum partiale ($^1/_2$ nat. Gr.).

7. Agaricaceae. Das Hymenium überzieht lamellenartige Vorsprünge des Fruchtkörpers, der meist die Gestalt eines gestielten oder sitzenden Hutes besitzt; die gestielten Hüte sind häufig anfangs (Fig. 159) in Hüllen eingeschlossen, welche nach der völligen Entwickelung als besondere Anhängsel erhalten bleiben; eine Hülle, welche den ganzen Hut samt Stiel einschließt und nach der Entfaltung wie eine Scheide die Stielbasis umgiebt (z. B. Amanita), heißt Velum universale (Fig. 160 *A*, *B*, *v*); dagegen bedeckt das Velum partiale nur die mit Lamellen besetzte Unterfläche des Hutes und bildet nach dessen Entfaltung entweder vom Rand herabhängende Fetzen oder einen Ring um den Stiel (Fig. 160 *C*, *a*, z. B. Agaricus campester, procerus); beim Fliegenschwamm, Amanita muscaria, kommen beide Arten von Velum gemeinschaftlich vor. Außer diesen augenfälligen Charakteren ist für das Erkennen der Arten noch die Sporenfarbe wichtig; dieselbe wird konstatiert, indem man den Fruchtkörper auf weißes oder schwarzes Papier legt, das sich alsbald mit den abfallenden Sporen bedeckt.

Agaricus, Blätterpilz, neuerdings in mehrere Gattungen gespalten. Bei *Coprinus* zerfließt der Fruchtkörper alsbald zu einer schwarzen, schmierigen Flüssigkeit; *Lactarius* enthält Milchsaft. Bei *Cantharellus* ziehen sich die Lamellen weit am Stiel herab. Von essbaren Arten seien erwähnt: Cantharellus cibarius, Lactarius deliciosus, Agaricus campester, Champignon, A. procerus, Parasolschwamm, mit verschiebbarem Ring; von giftigen: Lactarius torminosus, Amanita muscaria, Fliegenschwamm. — A. melleus, Hallimasch, hat ein eigentümliches, zu festen, außen schwarzglänzenden Strängen verflochtenes Mycelium (frühere Pilzgattung Rhizomorpha), das in der Rinde von Bäumen lebt und junge Nadelholzpflanzen (besonders Kiefern und Fichten) tötet; durch ausläuferartige Zweige wächst es in der Erde weiter, um zu anderen Baumwurzeln zu gelangen.

Andere Gattungen haben Fruchtkörper von härterer, lederiger Konsistenz, so *Panus* mit exzentrisch gestieltem kleinem Hute an altem Holze. *Marasmius*, dessen kleine zierliche Hüte häufig auf abgefallenen Fichtennadeln erscheinen.

Offizinell: Fungus chirurgorum, die weichste Schicht aus dem Hute des Polyporus fomentarius.

Ordnung 2. Gastromycetes, Bauchpilze.

Das Hymenium ist auch noch zur Zeit der Sporenbildung im Inneren des Fruchtkörpers eingeschlossen; dessen inneres Gewebe bildet zahlreiche Hohlräume oder Kammern, deren Zwischenwände, Trama, vom Hymenium überkleidet werden. Mit der Fruchtreife vollziehen sich meist weitgehende Veränderungen dieser inneren Gewebe; die Außenschicht oder Peridie des Fruchtkörpers ist meist in zwei Lagen gesondert; je nach den Veränderungen des inneren Gewebes und der Beschaffenheit der Peridie unterscheidet man:

1. Die *Hymenogastraceae*, deren Kammern und Hymenium erhalten bleiben (Fig. 161 *A*, *k*); trüffelähnliche, unterirdische Pilze.

2. Die *Lycoperdaceen* oder *Staubpilze*; von dem inneren Gewebe bleiben nur einzelne starke Fäden der Trama, das Capillitium (Fig. 161 *B*) und dazwischen die isolierten Sporen übrig. Bei *Lycoperdon* schuppt sich die äußere Peridie ab, die innere reißt an der Spitze auf und entlässt die Sporenmasse als Staubwolke. — Bei *Geaster* reißt die äußere Peridie sternartig auf und schlägt sich zurück; die innere öffnet sich mit einem Loch an der Spitze.

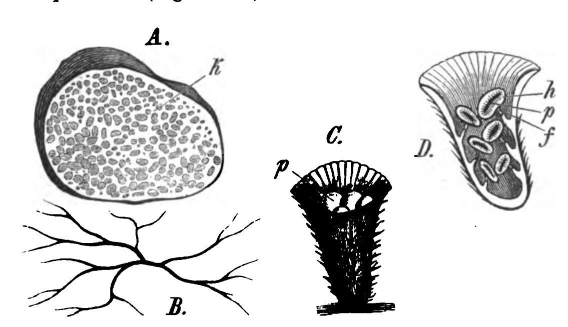


Fig. 161. *A* Fruchtkörper von Rhizopogon, durchschnitten, natürl. Größe; *k* die Kammern; *B* Capillitiumfaser von Lycoperdon, stark vergr. *C* und *D* Fruchtkörper von Cyathus striatus, *C* von außen, natürl. Größe, *p* die Kammern; *D* der Länge nach durchschnitten, *p* die Kammern mit dem Stiel *f*, enthaltend das Hymenium *h*.

3. Die *Nidulariaceen* haben becherförmige Fruchtkörper, in welchen die Kammern sich zu einzelnen kleinen harten Körpern isolieren; *Crucibulum* und *Cyathus* auf faulem Holz (Fig. 161 *C* und *D*).

4. Die *Phalloideen*; hier hebt sich nach Aufreißen der durchsichtigen Peridie das gesamte innere Gewebe auf einem Stiel empor und zerfließt zu einem übelriechenden Schleim, der die Sporen enthält. *Phallus* impudicus, Giftmorchel, in Gebüschen.

Unvollkommen bekannte Pilze.

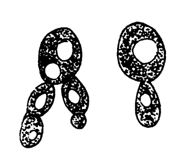


Fig. 162. In Wachstum und Sprossung begriffene Zellen der Bierhefe, Saccharomyces Cerevisiae (300mal vergr.).

Saccharomycetes, Hefepilze. Hierher gehören einzellige Pilze, die meist in zuckerhaltigen Flüssigkeiten leben und sich durch Sprossung vermehren (Fig. 162). Es sind wahrscheinlich Conidienbildungen höherer Pilze. Viele erzeugen Alkoholgährung.

Saccharomyces Cerevisiae mit S. Pastorianus die Bierhefe; S. ellipsoideus erzeugt die Alkoholgährung im Most; S. Mycoderma, Kahmpilz, auf Wein, Bier, Fruchtsäften u. s. w.

Abteilung III.

Die Archegoniaten.

Die Abteilung umfasst meist in Stamm und Blatt gegliederte, seltener thalloidische Gewächse mit zwei verschiedenen Generationen, welche in regelmäßiger Aufeinanderfolge miteinander abwechseln: die geschlechtliche oder proembryonale Generation trägt die Geschlechtsorgane, die Antheridien und Archegonien; beide sind höher entwickelte Organe, welche aber den Antheridien und Oogonien der Thallophyten entsprechen. Aus der im Archegonium liegenden Eizelle entsteht nach Befruchtung durch Spermatozoiden die embryonale oder ungeschlechtliche Generation, welche noch längere Zeit mit der geschlechtlichen Generation in Verbindung bleibt und von ihr eine Zeit lang ernährt wird. Die ungeschlechtliche Generation entwickelt Sporen, aus denen wieder die Geschlechtsorgane tragende Pflanze hervorgeht.

Bezüglich dieses embryonalen Generationswechsels verhalten sich beide Klassen der Archegoniaten sehr verschieden:

1. Klasse. Bryophyten. Aus der Spore entsteht eine meist in Stamm und Blatt gegliederte, aber der Gefäßbündel und Wurzeln entbehrende Pflanze, welche die Sexualorgane trägt; die ungeschlechtliche Generation ist eine sporenbildende Kapsel.

2. Klasse. Pteridophyten. Aus der Spore entsteht ein Prothallium, ein Thallus, welcher die Geschlechtsorgane entwickelt; die ungeschlechtliche Generation ist in Stamm, Blatt und Wurzel gegliedert und besitzt Gefäßbündel.

---

1. Klasse: Die Bryophyten, Muscineen.

Aus der keimenden Spore entwickelt sich, in einzelnen Fällen direkt, in den meisten aber durch Vermittelung eines sogenannten Vorkeims oder Protonemas (Fig. 167), die Geschlechtsgeneration in Form eines gegliederten Vegetationskörpers, der Moospflanze, welche nur bei den niederen Formen ein Thallus, bei allen anderen aber ein beblätterter Stamm ist und die Sexualorgane in beliebiger Wiederholung erzeugen kann. Aus jeder befruchteten Eizelle geht ein Individuum der ungeschlechtlichen Generation hervor, welches mit der ursprünglichen Moospflanze äußerlich in Zusammenhang bleibt und die Form einer gestielten Kapsel besitzt, das Sporogonium, gewöhnlich als Moosfrucht bezeichnet. Diese bildet ohne Verzweigung oder Wiederholung die Sporen und schließt mit deren Reife ihre Lebensthätigkeit ab.

Da die Moospflanze in Stamm und Blatt gegliedert ist, aber noch keine echten Wurzeln und Gefäße besitzt, so nimmt die Gruppe den niedrigsten Platz unter den Kormophyten und zugleich den höchsten unter den Zellpflanzen ein.

Die männlichen Sexualorgane sind Antheridien, die weiblichen Archegonien.

Die Antheridien sind kurz- oder langgestielte Gewebekörper von kugeliger, eiförmiger oder keulenförmiger Gestalt (Fig. 163), deren äußerste Zellschicht eine sackartige Wandung bildet, während die inneren sehr kleinen und zahlreichen Zellen in sich je ein Spermatozoid entwickeln. Indem die sackartige Wandung des reifen Antheridiums unter Zutritt von Wasser an ihrem Scheitel aufreißt, gelangen die Mutterzellen der Spermatozoiden nach außen und entlassen hier erst die letzteren. Diese (Fig. 163*c*) besitzen die Form von schraubig gewundenen Fäden mit dickerem Hinterende und bewegen sich mittels zweier am vorderen Ende sitzender zarter Cilien in dem Wasser, welches die kapillaren Zwischenräume zwischen den Moosblättern und Rasen gelegentlich durchtränkt.



Fig. 163. *A* Aufplatzendes Antheridium von Funaria hygrometrica, *a* die Spermatozoiden (350); *B* letztere stärker vergrößert, *c* freies Spermatozoid von Polytrichum (800) (nach *Sachs*).

Die Archegonien (Fig. 164) besitzen flaschenförmige Gestalt, sind über ihrer Basis bauchartig erweitert und oben in einen langen Hals verschmälert. Bauch und Hals sind von einer axilen Zellreihe durchzogen; in deren unterster und größter Zelle bildet sich die Eizelle; die Reihe der übrigen wird als Kanalreihe bezeichnet. Diese verwandelt sich kurze Zeit vor der Befruchtung in eine Schleimmasse; die obersten Zellen des Halses, die Deckelzellen (*m*), weichen auseinander, und die Spermatozoiden dringen, durch diese Öffnung eintretend, im Kanal bis zur Eizelle vor, welche sich infolge der Befruchtung mit einer Membran umgiebt.

Die Sexualorgane stehen öfters einzeln, sehr häufig aber in Gruppen vereinigt, welche bald bloß aus Antheridien oder Archegonien, bald aber auch aus beiden gemengt bestehen. Diese Gruppen, auch wohl Moosblüten genannt, werden bisweilen von besonderen Hüllen (Involucrum und Perianthium) umgeben. Als Paraphysen bezeichnet man Haargebilde, welche in diesen sog. Blüten sich an der Basis der Sexualorgane oder zwischen ihnen vorfinden.

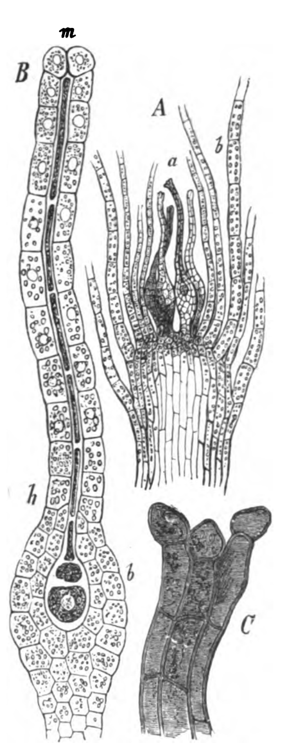


Fig. 164. Archegonien von Funaria hygrometrica; *A* auf dem Gipfel des Stämmchens sitzend (*a*); *b* Blätter (100); *B* ein einzelnes (550), *b* der Bauch, *h* der Hals, *m* die noch geschlossene Mündung; *C* die geöffnete Mündung eines befruchteten Archegoniums (nach *Sachs*).

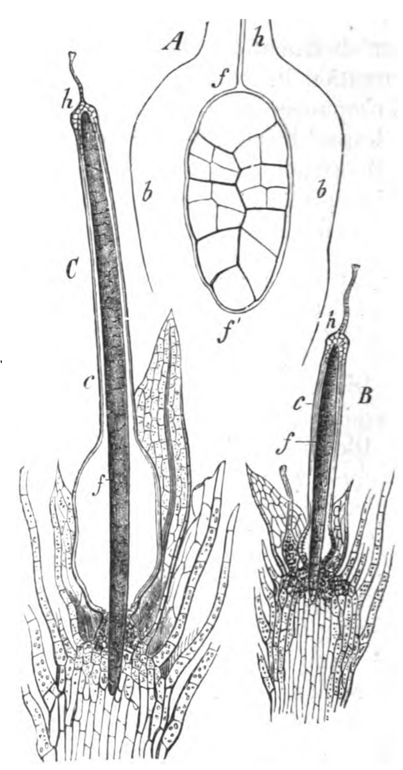


Fig. 165. Entwickelung des Sporogons von Funaria hygrometrica. *A* die Eizelle hat sich im Bauch des Archegoniums (*b*) in einen Gewebekörper (*ff'*) verwandelt (500). *B* dieser wächst umgeben vom mitwachsenden Archegoniumbauch *c*, auf dessen Spitze noch der Hals *h* sitzt; *C* noch weiter entwickelt (400) (nach *Sachs*).

Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich sofort die zweite, Sporen bildende Generation, das Sporogonium. Wenn sich dasselbe an seiner Basis auch mehr oder weniger in das Gewebe der Moospflanze einbohrt (Fig. 165 *C*) und auch von dieser ernährt wird, so stehen die beiderseitigen Zellen dennoch in keinem organischen Zusammenhange. Die Wandung des Archegoniumbauches, in welchem sich die Eizelle zum Sporogonium entwickelt, wächst noch eine Zeitlang fort und umgiebt, Calyptra genannt, das junge Sporogonium (Fig. 165 *B*, *C*, *c*, *h*); später zerreißt sie in verschie-

dener Weise, so dass ihre Reste entweder an der Basis oder auf der Spitze des Sporogoniums hängen.

Das Sporogonium wird fast immer schon durch die erste in dem befruchteten Ei auftretende Teilungswand in zwei Teile gesondert: einen unteren, d. h. dem Grund des Archegoniums zugewendeten, den Fuß (Fig. 165 *f*), dessen Funktion die Befestigung an der Pflanze und Aufnahme der Nahrungsstoffe ist, und einen oberen, die Kapsel, deren untere Region häufig wieder zu einem Stiel sich ausbildet, während die Sporenbildung auf die eigentliche Kapsel beschränkt ist. Die zwei zu einander rechtwinkligen Richtungen, in der die ersten Teilungswände der jungen Kapsel auftreten, lassen sich noch lange Zeit erkennen (Fig. 166 *gggg*) und stehen auch damit im Zusammenhang, dass sehr häufig die reife Kapsel vierteilig aufspringt. Das Kapselgewebe sondert sich stets in einen peripherischen Teil, den man als Wand bezeichnen kann, und einen zentralen, das

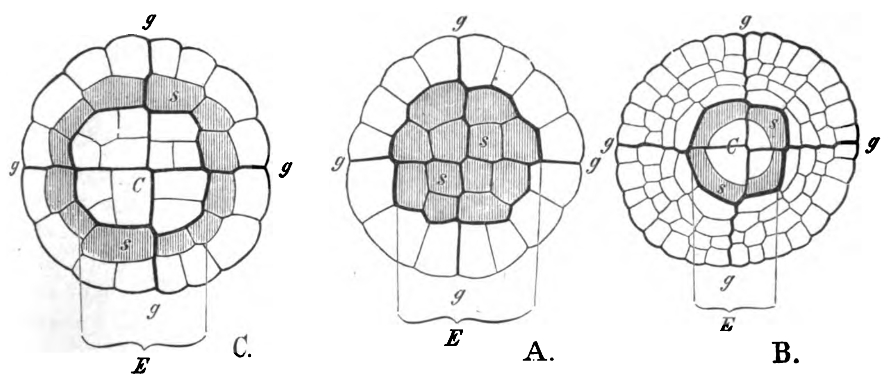


Fig. 166. Schematische Querschnitte durch junge Mooskapseln (vergr.); *A* von Sphaerocarpus, einer Jungermanniacee, *B* von Ceratodon, einem Laubmoos, *C* von Anthoceros. *gggg* die vier ersten Teilungswände, *E* das Endothecium, *s* die sporenbildende Schicht, *C* die Columella (*A* und *C* nach *Leitgeb*. *B* nach *Kienitz-Gerloff*).

Endothecium (Fig. 166 *E*): letzteres wird bei den einfachsten Formen (Fig. 166 *A*) ganz zur Sporenbildung verwendet, oder es bilden sich einzelne Zellen desselben nicht zu Sporenmutterzellen, sondern zu Schleuderzellen, Elateren, aus, welche meistens eine nach innen vorspringende spiralige Wandverdickung besitzen; bei den meisten Laubmoosen (Fig. 166 *B*) scheidet sich ein zentraler Strang des Endotheciums als steriles Gewebe, Columella, aus und wird von der, der äußeren Schicht des Endotheciums entstammenden sporenbildenden Schicht, dem Archesporium, umgeben. Nur bei wenigen Formen (Anthoceros und Sphagnum) wird das ganze Endothecium zur Columella, und das Archesporium entstammt der inneren Wandschicht (Fig. 166 *C*).

In den Sporenmutterzellen, welche sich isolieren und häufig vom Sporensack, den sich eigentümlich ausbildenden Nachbarzellen, umschlossen werden, entstehen die Sporen durch Vierteilung. Dieselben werden nur selten durch frühzeitiges Zerfallen der Kapselwand frei;

meistens springt die Kapsel auf, entweder in vier Klappen von der Spitze zur Basis, oder unregelmäßig, oder indem die obere Partie der Wandung deckelförmig abspringt; bei den meisten Laubmoosen aber springt ein Deckel ab, welcher schon von vornherein anders gebaut ist als die übrige Kapsel.

Die Sporen sind kugelig oder tetraedrisch; ihre Membran besteht, wie auch bei den Pteridophyten, aus zwei Schichten, einer äußeren derberen, kutikularisierten, der Exine, und einer inneren zarten, mit Cellulosereaktion, der Intine. Bei der Keimung platzt die Exine und die von der Intine umschlossene Zelle wächst (Fig. 167 *A*) und teilt sich, wodurch in den meisten Fällen die Bildung des Protonemas, eines Geflechtes von chlorophyllhaltigen Zellreihen, oder einer grünen Zellfläche (Fig. 168) eingeleitet

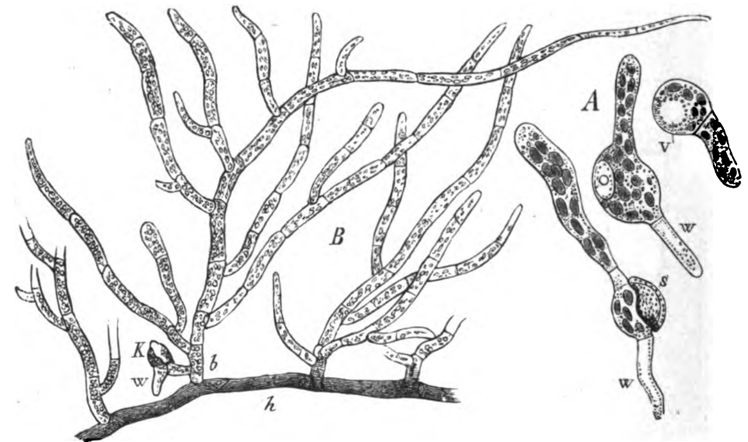


Fig. 167. *A* keimende Sporen von Funaria hygrometrica, *w* Wurzelhaar, *s* Exine (550). *B* Teil eines Protonemas, *K* Anlage eines beblätterten Stämmchens mit Wurzelhaar *w* (900) (nach *Sachs*).

wird. Die Zellreihen des Protonemas sind teils unbegrenzte (Fig. 167 *B*, *h*), teils begrenzte Seitengebilde (Fig. 167 *B*, *b*); es stellt somit dasselbe die Moospflanze in ihrer einfachsten Gestalt vor. Dies zeigt sich am deutlichsten in den Fällen, wo es an seinem Scheitel unmittelbar in die Moospflanze übergeht. Häufiger jedoch erfolgt dieser Übergang durch Seitenknospen (Fig. 167 *B*, *K*), welche an der Basis der begrenzten Seitenfäden entspringen.

Die Verzweigung der Moospflanze ist niemals axillär, sondern die Seitenzweige stehen gewöhnlich neben oder unter den Blättern.

Die Moospflanze besitzt sehr häufig vegetative Vermehrungsorgane, gewöhnlich Brutknospen (Fig. 168) genannt. Auch außer diesen besonderen Organen besitzt sie in hohem Grade die Fähigkeit, sich auf vegetativem Wege auszubreiten durch Verzweigung und Rasenbildung; ja viele der häufigsten und massenhaft auftretenden Formen (z. B. Hylocomium triquetrum) erhalten sich vorzugsweise durch derartige Vervielfältigung und gelangen nur selten zur Befruchtung und Erzeugung von Kapseln.

Die Klasse zerfällt in zwei Unterklassen, welche sich hauptsächlich durch folgende Merkmale unterscheiden.

Unterklasse 1. Hepaticae, Lebermoose. Die Pflanze der ersten Generation ist fast stets dorsiventral, ein Thallus oder ein beblätterter Stamm; die Kapsel enthält meist Elateren, nur selten eine Columella.

Unterklasse 2. Musci, Laubmoose. Die Pflanze der ersten Generation ist nur selten dorsiventral, stets ein beblätterter Stamm; die Kapsel enthält niemals Elateren, fast stets eine Columella.

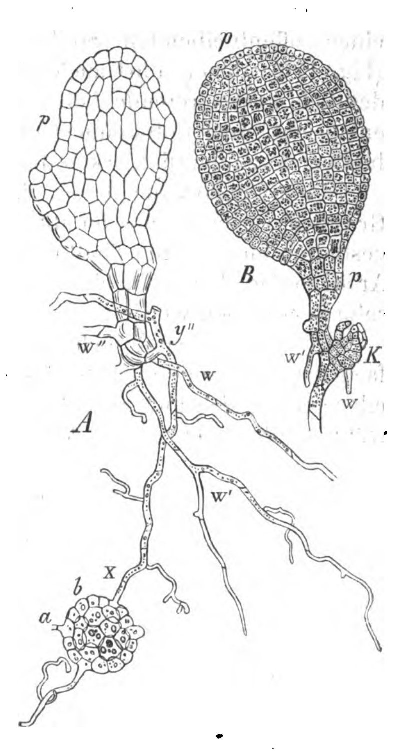


Fig. 168. Tetraphis pellucida. *A* flächenartiges Protonema *p*, aus dem Protonemafaden xy'' entstanden; derselbe bildet sich durch Auswachsen einer Randzelle der Brutknospe *a b*. *B* Flächenprotonema *p*, aus dessen Basis die Stempelknospe *K* entspringt; *w* und w_1 Wurzelhaare. (Nach *Sachs*.)

1. Unterklasse. Hepaticae, Lebermoose.

Die Pflanze der ersten Generation ist fast stets dorsiventral, ein Thallus oder beblätterter Stamm; die Kapsel enthält meist Elateren, nur selten eine Columella.

Die Pflanze der ersten Generation ist bei einigen dieser Unterklasse angehörigen Formen ein wirklicher, blattloser Thallus, bei anderen ein Thallus, an dessen Unterseite blattartige Schuppen entspringen; noch andere endlich besitzen einen mit grünen Blättern reich besetzten Stamm; erstere beide werden zusammen als frondose bezeichnet, letztere als foliose. Die frondosen Pflanzen sind ihrer Unterlage dicht angeschmiegt und besitzen dem entsprechend zwei von einander verschiedene Seiten, eine chlorophyllreiche Oberseite, welche meist mit einer deutlichen Epidermis ausgestattet ist, und eine chlorophyllarme Unterseite, welche allein Wurzelhaare erzeugt (Fig. 170). Auch die foliosen kriechen häufig auf ihrer Unterlage und zeigen entsprechend verschiedene Anordnung und Form der Blätter. Die Wurzelhaare sind stets einzellig. Die Calyptra umhüllt die Kapsel bis zur Sporenreife und bleibt zerrissen an deren Basis hängen. Eine Columella kommt nur bei den Anthoceroteen vor; Elateren fehlen nur den Riccieen; das Aufspringen der Kapsel erfolgt verschiedenartig, jedoch niemals durch einen bereits äußerlich vorgezeichneten Deckel.

Reihe 1. Marchantiales.

Der bandartig flache, dichotomisch verzweigte Thallus trägt auf seiner Unterseite meist eine oder zwei Reihen von Ventralschuppen, welche man

wohl auch als Blätter bezeichnen könnte, sowie Wurzelhaare, welche wenigstens teilweise mit zäpfchenartigen, nach innen vorspringenden Verdickungen versehen sind. Das chlorophyllreiche Gewebe der Oberseite ist von senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Luftkanälen oder von Luftkammern durchsetzt, über welchen die Epidermis meist mit Ausnahme einer offenbleibenden Stelle (der Atemöffnung) zusammenschließt (Fig. 170); daher rührt auch die bei manchen Arten (besonders Fegatella) deutlich hervortretende Felderung der Oberseite; jede rhombische Areole entspricht einer Luftkammer und trägt ungefähr in der Mitte die auch mit bloßem Auge deutlich erkennbare Atemöffnung.

Die Sexualorgane stehen einzeln eingesenkt oder zu scharf begrenzten Gruppen vereinigt auf der Rückenseite des Thallus, oder auf besonderen gestielten hutförmigen Thalluszweigen (Fig. 171 *A*, *hu*, *C*), wobei jedoch die Archegonien durch ein eigentümliches Wachstum derselben auf die Unterseite verschoben werden.

Die Kapseln sind nicht oder nur kurz gestielt, entbehren bei den einfachsten Repräsentanten des Fußes; die Wand zerfällt entweder frühzeitig, oder spaltet sich unregelmäßig, oder bleibt in ihrem unteren Teil erhalten, während der obere als Deckel abgeworfen wird.

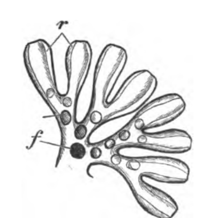


Fig. 169. Stück von Riccia glauca (nat. Gr.). *r* die dickeren Ränder, *f* die hervorbrechenden Sporogonien.

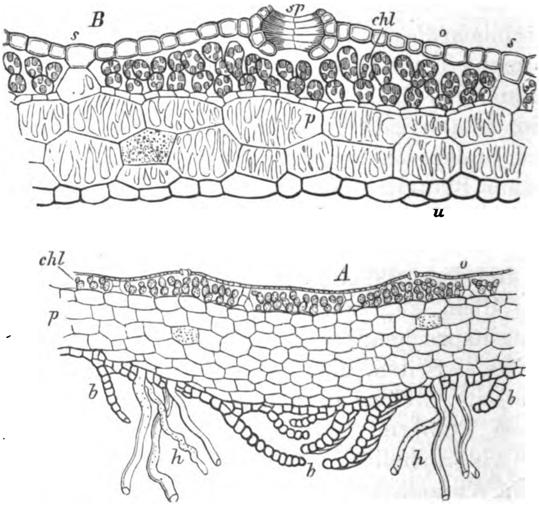


Fig. 170. Marchantia polymorpha. *A* Querschnitt durch eine mittlere Partie des Thallus, *B* Randpartie; unter der Epidermis der Oberseite das Chlorophyll führende Parenchym *chl*, *p* farbloses Parenchym, *sp* Atemöffnung, *h* Wurzelhaare, *b* Ventralschuppen. (Nach *Sachs.*)

Fam. 1. Ricciaceae. Die Sexualorgane stehen meist einzeln auf dem Rücken des Thallus (Fig. 169); das Sporogonium besitzt keinen Fuß, sondern wird ganz zur Kapsel, welche keine Elateren enthält, und deren Wand vor der Sporenreife zu Grunde geht.

Riccia, *Ricciocarpus* mit breitem, lappigem Thallus auf dem Wasser schwimmend.

Fam. 2. Marchantiaceae. Mindestens die Archegonien zu bestimmten Gruppen vereinigt, meist auf besonderen, umgebildeten Thalluszweigen; Sporogonien mit Fuß, Kapsel mit Elateren und bis zur Reife bleibender Wandung.

Marchantia; die Antheridien auf der Oberseite schirmartiger Zweige (Fig. 171 *A*), die Archegonien auf der Unterseite ähnlicher, strahliger Schirme (Fig. 171 *C*); diöcisch. Außerdem trägt der Thallus auf der Oberseite becherartige Brutknospenbehälter (Fig. 171 *B*). — Ähnlich *Lunularia*. — *Fegatella* mit konischem Hut.

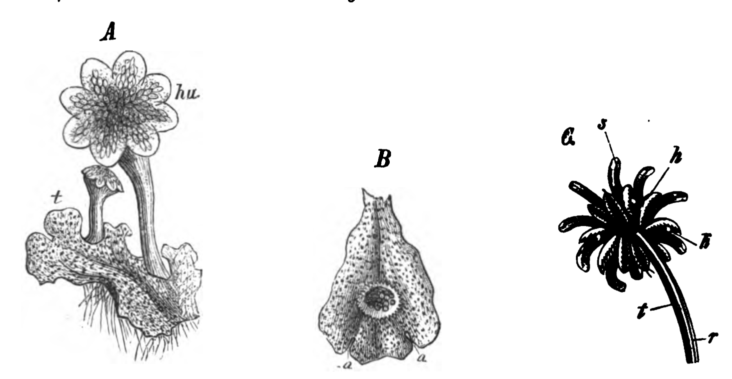


Fig. 171. *A* ein Stammstück von Marchantia polymorpha (*t*) mit aufrechtem männlichem (Antheridien tragendem) Hut (*hu*). *B* Stammstück mit Brutknospenbehälter; *C* weiblicher Hut schräg von unten gesehen (2mal vergr.), *t* der Stiel mit Rinne *r*, *s* Strahlen, *h* die Hüllen, *k* die Kapseln.

Reihe 2. Jungermanniales.

Die Pflanze ist ein blattloser, flacher, dichotomisch verzweigter Thallus oder ein beblätterter Stamm, dessen Blätter in Unterblätter (Amphigastrien) und Oberblätter unterschieden werden müssen. Erstere stehen auf der Bauchseite des Stammes in einer Reihe (Fig. 173 *u*), sind oft

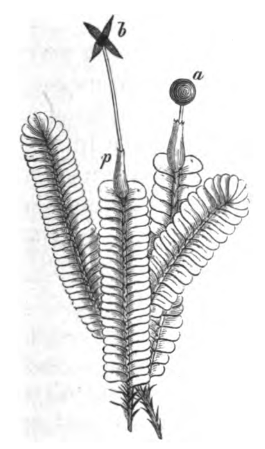


Fig. 172. Stämmchen von Plagiochila asplenioides; *a* eine reife, *b* eine aufgesprungene Kapsel; *p* das Perianthium.

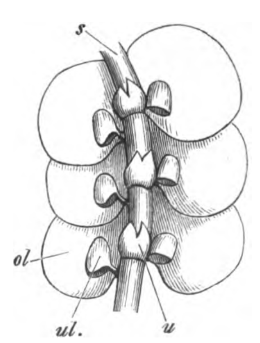


Fig. 173. Zweig von Frullania dilatata (20 mal vergr.), von unten gesehen; *u* Unterblätter, *ul* unterer, *ol* oberer Lappen der Oberblätter, *s* Stamm.

sehr klein und können selbst ganz fehlen; letztere stehen in zwei Reihen auf der Rückenseite des Stammes. — Die Kapsel ist mit einem Stiel versehen, welcher meist sich erst kurz vor dem Aufspringen bedeutend streckt, springt von der Spitze zur Basis (Fig. 172 *b*) in vier Klappen auf und enthält stets Elateren.

a) Anacrogynae. Die Archegonien stehen nicht am Scheitel, sondern auf der Oberseite des Thallus oder Stammes; sie sind von einem Involucrum, d. h. einer vom Stamme oder Thallus gebildeten Hülle umgeben; meist frondos.

Metzgeria mit schmalem, dichotomisch verzweigtem, einschichtigem Thallus, der von einem mehrschichtigen Mittelnerven durchzogen wird. — *Pellia* mit mehrschichtigem, breitem Thallus. — *Aneura*. — *Blasia* mit thallusähnlichem Stamm, welcher kleine Unterblätter und zwei Reihen Seitenblätter trägt; letztere sind aber nicht quer, sondern der Länge nach am Stamme inseriert.

b) Acrogynae. Die Archegonien stehen am Scheitel des Stammes oder bestimmter Seitenzweige desselben und werden von einem Perianthium, d. h. einer aus Blättern oder Blattteilen gebildeten Hülle umgeben. Der Stamm trägt häufig kleine Unterblätter, und stets zwei Reihen Oberblätter; diese sind entweder nur an der Spitze zweizähnig oder zweiteilig, bisweilen (Frullania, Radula) in zwei ganz verschiedene Lappen geteilt (Fig. 173 *ul*, *ol*); ein Mittelnerv ist höchstens durch Streckung einiger Zellen angedeutet, aber niemals mehrschichtig. Die Insertion der Oberblätter ist anfänglich quergestellt, wird aber durch ungleiches Wachstum des Stammes so verschoben, dass sie entweder auf der Stammunterseite hinaufrückt (unterschlächtige Blätter, Folia succuba, Fig. 172), oder auf der Stammoberseite (oberschlächtig, F. incuba, Fig. 173).

Jungermannia. — *Plagiochila* (Fig. 172). — *Radula*. — *Frullania* (Fig. 173) mit zierlich verzweigten, bräunlichen oder purpurnen Stämmchen.

Reihe 3. Anthocerotaceae.

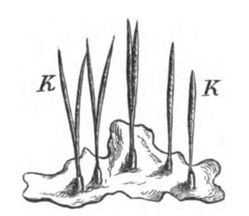


Fig. 174. Anthoceros laevis (nat. Gr.); *K* die Kapseln, teilweise noch ungeöffnet.

Die Pflanze ist ein unregelmäßig verzweigter Thallus, dessen Rückenseite die Archegonien eingesenkt sind. Die Kapsel ist lang, schmal, schotenförmig, springt von der Spitze her in zwei Klappen auf und erzeugt gegen die Basis zu fortwährend neue Sporen. Fast stets ist eine Columella vorhanden, außerdem Elateren. — *Anthoceros* (Fig. 174).

2. Unterklasse. Musci, Laubmoose.

Die Pflanze der ersten Generation ist nur selten dorsiventral, stets ein beblätterter Stengel; die Kapsel enthält niemals Elateren, fast stets eine Columella.

Die Moospflanze ist immer ein beblätterter Stamm mit gleichwertigen Blättern, welcher entweder mit seinen Ästen auf dem Boden, an Bäumen hinkriecht, oder dichte Rasen bildet. Dorsiventrale Ausbildung kommt nicht häufig vor. Die Blätter besitzen häufig einen mehrschichtigen Mittelnerven; die Wurzelhaare sind verzweigte Zellreihen, welche in Protonema übergehen und so zur Ausbreitung der Pflanzen beitragen können. Die Calyptra wird meistens lange vor der Sporenreife von der Kapsel zerrissen; echte

Elateren kommen niemals vor; eine Columella ist mit Ausnahme von Archidium stets vorhanden; die Kapsel öffnet sich meist durch Abwerfen eines schon vorher erkennbaren Deckels.

Reihe 1. Sphagnaceae, Torfmoose.

Die kugelige Kapsel enthält eine halbkugelige Columella, welche vom Archespor (Fig. 176 *as*) überdeckt wird, und öffnet sich durch Abwerfen der oberen Kappe der Wandung; die Calyptra bleibt an der Basis zurück.



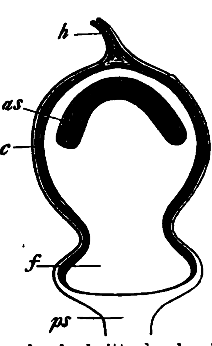


Fig. 176. Längsdurchschnitt durch eine halbreife Kapsel von Sphagnum (10 mal vergr., schematisiert); *ps* Pseudopodium, *f* Fuß, *as* Archespor, *c* Calyptra mit Archegoniumhals *h*.

Fig. 175. Stämmchen von Sphagnum acutifolium (nat. Gr.); *k* die Kapseln.

Die einzige Gattung Sphagnum (Fig. 175) bewohnt, ausgedehnte, weiche Rasen bildend, feuchte Wälder und besonders Moore. Die dicht beblätterten Äste hüllen den Hauptstamm ein; sowohl die Blätter als die Rinde des Stengels (Fig. 76) enthalten große, wassererfüllte, mit offenen Löchern versehene Zellen, welche das Wasser kapillar bis in die obersten Spitzen hinaufziehen (Fig. 177). Die unteren absterbenden Partien der rasch aufwärts wachsenden Stämme gehen in Verwesung über und bilden Torf. Die sehr kurz gestielte Kapsel (Fig. 175 *k*, 176) wird von einer Verlängerung des arche-

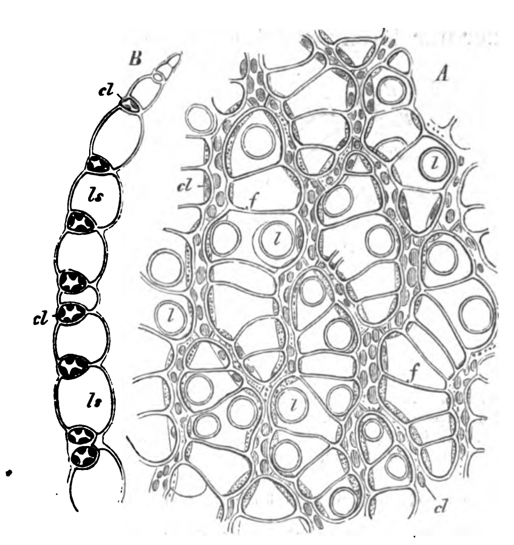


Fig. 177. Sphagnum acutifolium. Blatt von der Fläche (*A*) und im Durchschnitt (*B*) gesehen. *cl* schlauchförmige, chlorophyllführende Zellen, *ls* grosse leere Zellen mit den Löchern *l* und spiraligen Verdickungen *f*. (Nach *Sachs*.)

gonientragenden Stammes emporgehoben, welche äußerlich dem Kapselstiel der echten Laubmoose ähnlich sieht und Pseudopodium (Fig. 176 *ps*) genannt wird.

Reihe 2. Andreaeaceae.

Die Columella ist säulenförmig, oben frei; die Kapsel, auf einem Pseudopodium emporgehoben, öffnet sich in vier Klappen, die an der Spitze und Basis miteinander verbunden bleiben (Fig. 178 *B*). Die Calyptra wird mützenförmig in die Höhe gehoben.

Andreaea (Fig. 178 *B*); die gestreckten und verzweigten Stämmchen sind dicht beblättert.

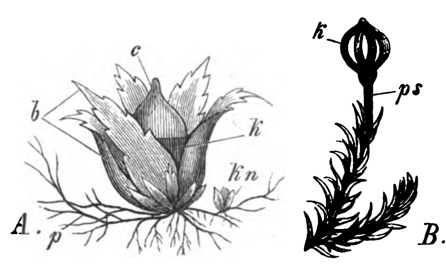


Fig. 178. *A* Pflanze von Ephemerum serratum (20); *p* Protonema, *kn* Knospe, *b* Blätter, *k* Kapsel, *c* Calyptra. *B* Andreaea petrophila (6); *ps* Pseudopodium, *k* die aufgesprungene Kapsel.

Reihe 3. Bryales.

Die Columella hängt oben und unten mit der Kapselwand zusammen; sie wird unmittelbar umgeben vom Archespor (Fig. 179 *s*); der innere chlorophyllreiche Teil der Wand ist von zahlreichen großen lufterfüllten Hohlräumen (Fig. 179 *B*, *l*) durchsetzt. Die Kapsel öffnet sich meist durch Abwerfen eines Deckels, der schon von vornherein anders gebaut ist, als die übrige Kapsel, bleibt nur bei wenigen, wie Phascum, Ephemerum (Fig. 178 *A*) u. a., welche aber verschiedenen Verwandtschaftskreisen angehören, geschlossen. Bestimmte Zellschichten des inneren Deckelgewebes oder nur deren verdickte Wände bleiben mit der Kapselwand in Zusammen-

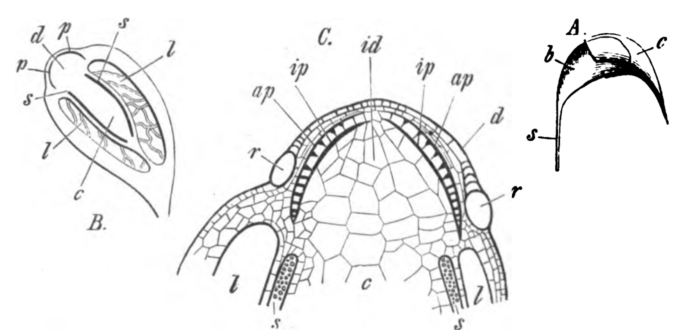


Fig. 179. *A* Sporogonium von Funaria hygrometrica; *s* Stiel, *b* Kapsel, *c* Calyptra (5 mal vergr.). *B* Halbreife Kapsel desselben Mooses der Länge nach durchschnitten (10 mal vergr.); *c* Columella, *s* Archespor, *l* Luftraum, *d* Deckelgewebe, *p* Peristom. *C* oberster Teil der nämlichen Kapsel stärker (40 mal) vergr.; *d* Deckel, *id* inneres Deckelgewebe, *ap* äußeres, *ip* inneres Peristom, *r* Ring.

hang und bilden das für die Gattungen charakteristische Peristom (Mundbesatz). Dasselbe besteht bei Tetraphis aus vier derben Zähnen, für die das ganze innere Deckelgewebe verwendet wird; bei den meisten sind es 8, 16 oder 32, welche aus verdickten Zellenwänden bestehen, häufig in zwei Reihen hintereinander (Fig. 179 *C*, *ip*, *ap*; 180 *ip*, *ap*); oder es sind 16 bis

64 Zähne, welche aus hufeisenförmig gekrümmten Fasern zusammengesetzt sind. Nur bei wenigen Gattungen (z. B. Gymnostomum u. a.) fehlt das Peristom vollständig. Die Calyptra wird von der Kapsel mit emporgehoben und als Mütze getragen; dieselbe ist entweder mützenförmig, d. h. bedeckt die Kapsel auf allen Seiten in gleicher Weise (Fig. 181 *c*), oder kapuzenförmig, d. h. auf einer Seite aufgeschlitzt (Fig. 179 *A*, *c*).

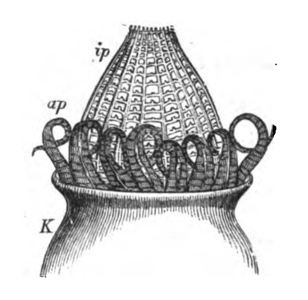
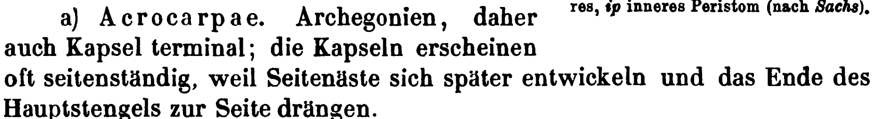


Fig. 180. Mündung der Kapsel von Fontinalis antipyretica (50), *ap* äußeres, *ip* inneres Peristom (nach *Sachs*).

Die fast stets einschichtigen Blätter werden bei vielen Arten von einem mehrschichtigen Mittelnerven durchzogen.

A. Stegocarpae. Kapsel mit Deckel sich öffnend.

a) Acrocarpae. Archegonien, daher auch Kapsel terminal; die Kapseln erscheinen

oft seitenständig, weil Seitenäste sich später entwickeln und das Ende des Hauptstengels zur Seite drängen.

Fam. Weisiaceae u. Dicranaceae. Peristom 16 Zähne oder fehlend; Blätter einschichtig. *Dicranum*.

Fam. Leucobryaceae. Peristom wie vorige; Blätter mehrschichtig, im Bau an Sphagnum erinnernd. *Leucobryum*.

Fam. Fissidentaceae. Peristom wie vorige; Blätter zweizeilig mit rückenständiger Lamelle. *Fissidens*.

Fam. Ditrichaceae u. Pottiaceae. Peristomzähne 16—32 zweischichtig; Calyptra meist kaputzenförmig. *Ceratodon* purpureus mit rotem Fruchtstiel. *Barbula*.

Fam. Grimmiaceae. Peristom einfach, doppelt oder fehlend; Calyptra meist mützenförmig. *Grimmia*, in graugrünen Rasen, die Fruchtstiele zurückgekrümmt. — *Orthotrichum* mit kurzgestielten Kapseln.

Fam. Schistostegaceae. *Schistostega*; die unfruchtbaren Stämmchen tragen zweizeilige, der Länge nach inserierte Blätter; das Protonema zeigt eigentümlichen Glanz, »Leuchtmoose«, in Felsenhöhlen.

Fam. Splachnaceae. Kapsel mit langem Halse, aufrecht.

Fam. Funariaceae. Kapsel meist gekrümmt. *Funaria* hygrometrica, mit langem, beim Befeuchten und Vertrocknen sich schraubig windendem Fruchtstiel.



Fig. 181. Zwei Stengel von Polytrichum formosum (natürl. Gr.). *k* die Kapsel, *s* der Kapselstiel, *c* Calyptra

Fam. Bryaceae. Kapsel meist übergeneigt. *Bryum, Webera, Mnium*.

Fam. Georgiaceae. Peristom vier massive Zähne. — *Tetraphis*.

Fam. Polytrichaceae. Peristom 16—64 aus Fasern bestehende Zähne; Blätter oberseits mit Lamellen. — *Polytrichum*, mit lang behaarter Calyptra (Fig. 181), großen, dunkelgrünen Blättern; die stattlichsten unter den einheimischen akrokarpischen Moosen.

Fam. Buxbaumiaceae. Peristom doppelt; inneres eine gefaltete Haut. *Buxbaumia* mit großer, schiefer Kapsel, kaum sichtbarem Stämmchen.

b) Pleurocarpae. Die Archegonien (und später die Kapseln) stehen seitlich auf besonderen kurzen Ästchen.

Fam. Fontinalaceae. *Fontinalis* antipyretica im Wasser flutend.

Fam. Thuidiaceae. Blätter glanzlos, warzig. *Thuidium* mit regelmäßig fiederförmig verzweigtem Stengel, sehr kleinen angedrückten Blättern.

Fam. Neckeraceae. Blätter glänzend, nicht längsfaltig; Stengel oft verflacht beblättert. *Neckera* mit querrunzeligen Blättern.

Fam. Hypnaceae. Blätter glänzend, oft längsfaltig, Kapsel aufrecht oder übergeneigt. — *Brachythecium* mit kurzer, dicker Kapsel. — *Hypnum*. — *Hylocomium* triquetrum gewöhnlich zu Kränzen u. dgl. verwendet, H. splendens mit sehr regelmäßiger Verzweigung.

B. Cleistocarpae. Kapsel ohne abfallenden Deckel.

Hierher die Ephemeraceae (Fig. 178 *A*), Phascaceae u. a.

Reihe 4. Archidiaceae.

Kleine Erdmoose mit sitzendem Sporogon, ohne Columella; im Endothecium sind fertile und sterile Zellen durcheinander gemengt. — *Archidium*.

2. Klasse: Die Pteridophyten, Gefäfskryptogamen.

Auch hier findet ein Generationswechsel zwischen einer geschlechtlichen und einer ungeschlechtlichen Generation statt; das Verhältnis der beiden Generationen ist aber gerade umgekehrt, wie bei den Bryophyten. Hier ist die aus der Spore erwachsene Pflanze klein, hinfällig, Prothallium genannt, welches nach Bildung der Sexualorgane und eingetretener Befruchtung zu Grunde geht; die aus der befruchteten Eizelle erwachsende Pflanze hingegen ist in Stamm und Blatt gegliedert, besitzt geschlossene Gefäßbündel und echte Wurzeln, dauert gewöhnlich viele Jahre hindurch aus, erzeugt in gesetzmäßiger Wiederholung die Sporen und kann sich selbst auf vegetativem Wege vervielfältigen. Durch ihre morphologischen und anatomischen Merkmale treten diese Pflanzen bereits in das Gebiet der Gefäßpflanzen ein; einzelne Gruppen nehmen die höchste Stelle unter den Kryptogamen in der Weise ein, dass sie, mit den Gymnospermen verglichen, bereits den Übergang zu den Phanerogamen darstellen.

Das Prothallium (Fig. 182) ist bei den meisten Gruppen ein Thallus, welcher aus der Spore hervorwächst, dieselbe an Größe um das Vielfache übertrifft und außer Wurzelhaaren an bestimmten Stellen die Anthe-

ridien (Fig. 182 *an*) und Archegonien (Fig. 182 *ar*) trägt. Die **Antheridien** (Fig. 183) ragen hier entweder als halbkugelige oder etwas zylindrische Ge-

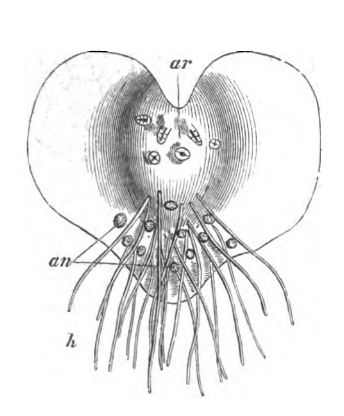


Fig. 182. Prothallium eines Farnkrautes von der Unterseite (10 mal vergr.). *ar* Archegonien, *an* Antheridien, *h* Wurzelhaare.

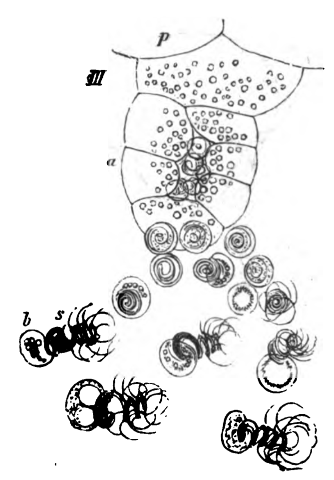


Fig. 183. Antheridium *a* von Adiantum Capillus Veneris (550); die Spermatozoiden (*s*) treten eben aus; *b* Blase, welche dem Spermatozoid anfänglich anhängt; *p* Prothallium (nach *Sachs*).

webekörper über die Prothalliumoberfläche vor oder sind in dessen Gewebe eingesenkt. Sie bestehen aus einer einschichtigen Wandung und den Mutterzellen der Spermatozoiden, welche letztere schraubig gewundene, vorn gewöhnlich zahlreiche Cilien tragende Fäden sind (Fig. 183 *s*). Die **Archegonien** (Fig. 184) sind im allgemeinen ähnlich gebaut, wie bei den Bryophyten, bestehen nämlich aus einem Bauchteil, welcher aber in das umgebende Gewebe eingesenkt und mit diesem verwachsen ist, und einem kurzen Hals, durch welchen zwei später verschleimende Kanalzellen hindurchgehen zur Eizelle.

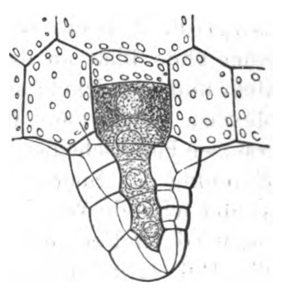


Fig. 184. Archegonium von Pteris serrulata, stark vergrößert, von außen gesehen (nach *Sachs*).

Einige Gruppen jedoch, nämlich die Hydropteriden, Selaginellaceen und Isoëtaceen, weichen im Bau des Prothalliums erheblich ab; sie bringen nämlich zweierlei Sporen hervor, größere, **Makrosporen**, und kleinere, **Mikrosporen**. Diese Gruppen werden wegen dieser Verschiedenheit der Sporen als **heterospor** bezeichnet, im Gegensatz zu den **isosporen**, deren Sporen gleichartig sind.

Die **Makrospore** erzeugt ein **weibliches** Prothallium (Fig. 185 *A*), welches in der Spore selbst gebildet wird und nur wenig aus ihr hervorwächst; es trägt ein oder wenige Archegonien (Fig. 185 *A*, *ar*). Die **Mikrospore** erzeugt nur andeutungsweise ein **männliches** Prothallium und An-

theridium, indem nach wenigen Zellteilungen die Spermatozoiden aus ihr hervorgehen (Fig. 185 *B*).

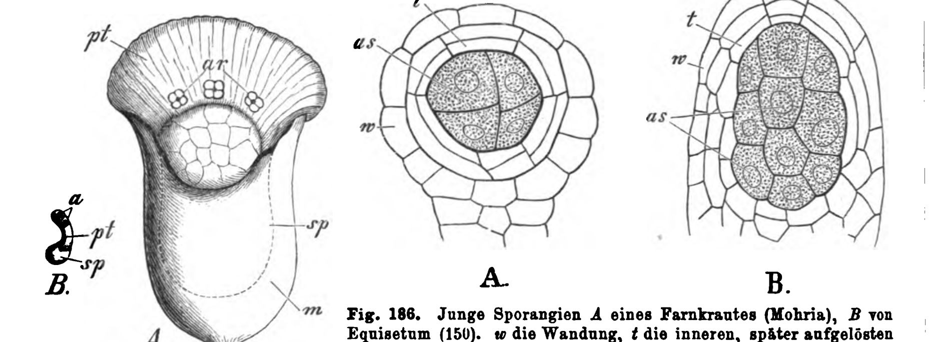


Fig. 186. Junge Sporangien *A* eines Farnkrautes (Mohria), *B* von Equisetum (150). *w* die Wandung, *t* die inneren, später aufgelösten Wandschichten, *as* die Zellen, aus welchen die Sporenmutterzellen hervorgehen (Archespor).

Fig. 185. Prothallien von Salvinia (60). *A* Makrospore (*sp*) im Makrosporangium (*m*) eingeschlossen, durch die punktierte Linie angedeutet; aus derselben erwächst das weibliche Prothallium *pt* mit drei Archegonien *ar*; *B* eine aus dem Mikrosporangium isolierte Mikrospore (*sp*) mit Prothallium *pt* und dem Antheridium *a*.

Der aus der befruchteten Eizelle entstehende Embryo wird durch die ersten Teilungswände in vier Teile gegliedert: den Fuß, welcher die Befestigung am Prothallium vermittelt, die erste Wurzel, den Stamm und das erste Blatt; er wächst bei allen Ordnungen sofort ohne Unterbrechung zu einer starken Pflanze heran, welche später Sporen bildet.

Die Sporen entstehen meist in nicht sehr großer Anzahl in den Sporangien. Letztere stehen auf den Blättern oder in den Blattachseln, seltener ohne Blatt an den Zweigen, sind im Verhältnis zur ganzen Pflanze klein und entwickeln sich entweder aus einzelnen Zellen, oder aus Zellkomplexen, welche aus der äußersten Gewebeschicht hervorwachsen. Im ersteren Falle scheidet die betreffende Zelle zuerst nach außen die bleibende Wandung des Sporangiums ab (Fig. 186 *A*, *w*), sodann eine weitere sich wieder teilende Wandschicht (Fig. 186 *A*, *t*), welche später wieder aufgelöst wird, und erzeugt schließlich durch mehrmals wiederholte Zweiteilung (Fig. 186 *A*, *as*) die Sporenmutterzellen. Auch in den aus Zellkomplexen entstehenden Sporangien (Fig. 186 *B*) lassen sich die Sporenmutterzellen auf eine Zelle, das Archespor, zurückführen. Durch Vierteilung der sich isolierenden Sporenmutterzellen entstehen die Sporen, welche entweder tetraedrisch oder bohnenförmig gestaltet sind (s. Fig. 57 *A* und *B*, S. 51).

Wo zweierlei Sporen vorkommen, sind sie schon in verschiedene Sporangien verteilt, Makrosporangien mit nur je einer oder vier Makrosporen und Mikrosporangien mit zahlreichen Mikrosporen.

Die Pteridophyten werden folgendermaßen eingeteilt.

1. Unterklasse. Filicinae. Die Blätter sind im Verhältnis zum Stamm mächtig entwickelt und tragen die Sporangien,

meist einzelligen Ursprungs, fast immer zu Sori vereinigt, am Rande oder an der Unterseite; die fruchtbaren Blätter sind nicht auf bestimmte Regionen oder Zweige des Stammes beschränkt.

a) Isospore.

Reihe 1. Filices, Farne.

b) Heterospore.

Reihe 2. Hydropterides, Wasserfarne.

2. Unterklasse. Equisetinae. Die Blätter sind im Verhältnis zum Stamm klein, quirlig gestellt, und die der unfruchtbaren Quirle zu je einer Scheide verwachsen. Die fruchttragenden Blätter stehen in zahlreichen, dichtgedrängten Quirlen, sind schildförmig und tragen die Sporangien auf ihrer Unterseite; die Sporangien entstehen als Zellkomplexe. Isospor.

3. Unterklasse. Lycopodinae. Die Blätter sind meist klein und wenig entwickelt, die fruchttragenden häufig eine bestimmte Region des Stammes bildend. Die Sporangien, welche sich als Zellkomplexe entwickeln, stehen fast immer einzeln in der Blattachsel oder nächst der Basis des Blattes auf dessen Oberseite.

a) Isospore.

Fam. 1. Lycopodiaceae. Sporangien in der Achsel von Blättern.

Fam. 2. Psilotaceae. Sporangien an blattlosen Zweigen.

b) Heterospore.

Fam. 3. Selaginellaceae. Der stark in die Länge wachsende Stamm trägt zahlreiche, kleine Blätter; die Sporangien stehen in der Blattachsel, zuweilen etwas auf dem Stamm hinaufgerückt.

Fam. 4. Isoëtaceae. Der kurze Stamm trägt lange, unverzweigte Blätter; die Sporangien stehen auf der Blattoberseite.

1. Unterklasse: Filicinae.

Die Sporangien stehen zumeist zu Sori vereinigt am Rande oder an der Unterseite der Blätter; die fruchtbaren Blätter bilden keine besondere Region des Stengels.

Reihe 1. Filices, Farne.

Die Sporen sind alle gleich und erzeugen große, selbständige Prothallien.

Das Prothallium ist fast stets oberirdisch, chlorophyllreich (Fig. 182 und 187) und entsteht aus der Spore anfänglich in Form eines Zellfadens,

wird aber später meist zu einer breiten, am vorderen Ende herzförmig ausgeschnittenen Fläche, welche mit Ausnahme der die Archegonien tragenden Region einschichtig bleibt. Diese liegt an den herzförmigen Prothallien nahe dem vorderen Rande hinter dem Ausschnitte (Fig. 182 *ar*). Die Antheridien stehen teils am Rande, teils am hinteren Ende zwischen den Wurzelhaaren der Unterseite (Fig. 182 *an*) und ragen als halbkugelige Gewebekörper hervor.

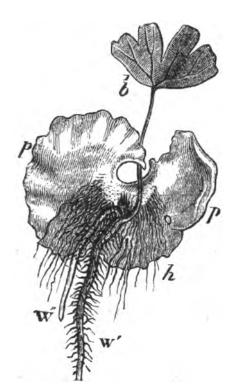


Fig. 187. Prothallium (*p*) von Adiantum Capillus Veneris, von unten gesehen; daran die aus einer befruchteten Eizelle erwachsene Pflanze mit Blatt (*b*) und Wurzeln (*w'w''*); *h* Wurzelhaare des Prothalliums (etwa dreimal vergr.) (nach *Sachs*).

Der Stamm ist meist ein kräftiges, unterirdisches, wagerechtes oder schräges Rhizom; nur unter den Tropen finden sich b a u m a r t i g e F a r n e mit hohen, aufrechten Stämmen. Die Blattstellung ist entweder multilateral, bilateral oder dorsiventral. In ersterem Falle stehen die Blätter meistens dicht gedrängt und bilden am Ende des Stammes eine allseitig ausgebreitete Krone, während die älteren Stammteile von den abgestorbenen Blattresten dicht bedeckt sind, so bei den Baumfarnen, bei vielen einheimischen (Aspidium filix mas). Die Verzweigung dieser Stämme ist relativ selten. In einigen Fällen sind jedoch durch Streckung der Internodien die allseitig entspringenden Blätter auseinander gerückt, so bei Polypodium-Arten und Phegopteris; die Seitenzweige entspringen hier in den Blattachseln. Bilateral, d. h. zweizeilig beblättert sind z. B. die horizontal kriechenden Rhizome von Pteridium aquilinum, deren Blätter rechts und links stehen und auf dem Rücken ihrer Basis die Seitenzweige des Stammes tragen. Die dorsiventral beblätterten Stämme tragen in der Regel zwei einander genäherte Blattzeilen auf dem Rücken, die Seitenzweige in zwei seitlichen, diametral gegenüberliegenden Zeilen, die Wurzeln auf der Bauchseite, z. B. Polypodium vulgare. Die Blattspreite ist gewöhnlich reich verzweigt und im Knospenzustande schneckenförmig nach vorn eingerollt. — Die Haare sind seltener Zellreihen, häufiger auffallend breit und groß und hüllen dann die jungen Blätter und Stammteile oft vollständig ein; diese breiten Haare werden S p r e u s c h u p p e n genannt. — Die Wurzeln entspringen an den von den Blättern dicht besetzten Stämmen, z. B. Aspidium filix mas, gewöhnlich aus den Blattstielen; an den Stämmen der Baumfarne bilden sie eine dichte verfilzte Umhüllung, welche an Mächtigkeit den Durchmesser des Stammes selbst übertrifft.

Die Blattstiele sowie die Rippen und Nerven der Blätter werden von je einem oder mehreren Gefäßbündeln durchzogen, welche entweder kollateral, bikollateral oder konzentrisch gebaut sind; dieselben vereinigen sich im Stamm entweder zu einem axilen Strang oder meist zu einer netzförmig durchbrochenen Röhre. Im Stranggewebe finden sich außer parenchymatischen Elementen fast nur sehr lange Spiral- und Treppentracheiden,

sowie Siebröhren. Das Grundgewebe ist stellenweise oft sklerenchymatisch ausgebildet.

Die Sporenbildung kommt ausschließlich den Blättern zu, und zwar erfahren dieselben dadurch nur selten eine weitgehende Metamorphose. In sehr vielen Fällen sind die fruchttragenden Blätter von den unfruchtbaren im übrigen gar nicht verschieden; wo eine Verschiedenheit sich geltend macht, besteht sie fast nur darin, dass die fruchttragenden Blätter oder Blattteile wenig oder gar kein Mesophyll entwickeln. Die fruchttragenden Blätter sind niemals zu einer besonderen abgegrenzten Region des Stengels

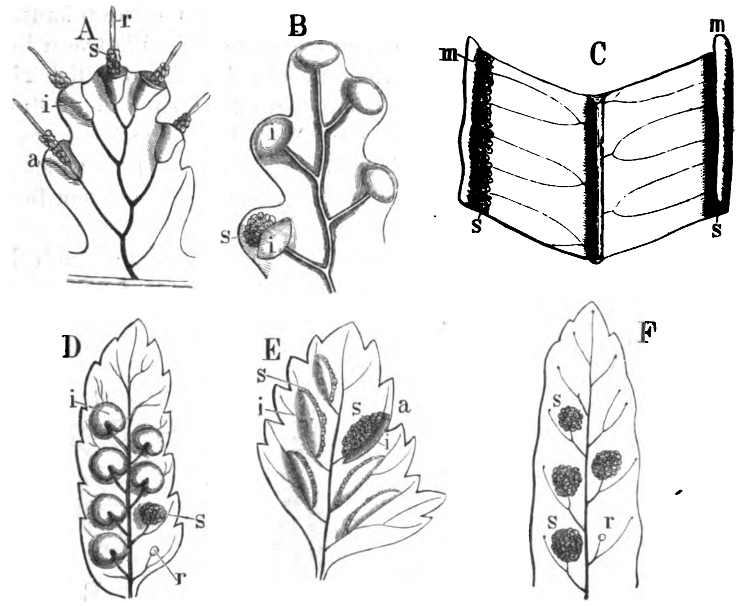


Fig. 188. Sori der wichtigsten Farngruppen. *A* Fiederchen von Ptilophyllum sinuosum, einer Hymenophyllacee; *r* Receptaculum, *s* Sporangien, *i* Indusium; bei *a* ist die eine Hälfte des Indusiums hinweggenommen. *B* Fiederchen von Davallia; bei *s* ist das unterseitige Indusium (*i*) zurückgeschlagen; die oberseitige Hälfte ist zum Blattrand geworden. *C* Stück des Blattes von Pteris serrulata; *s* die Sporangien, *m* der umgeschlagene Blattrand. *D* Lacinie von Aspidium; bei *s* ist das Indusium, bei *r* auch die Sporangien entfernt. *E* Lacinie eines Asplenium; bei *a* ist das Indusium zurückgeschlagen. *F* Fieder von Polypodium vulgare; bei *r* sind die Sporangien entfernt (sämtlich etwa 3—6mal vergr.).

vereinigt oder auf besondere Zweige beschränkt, sondern der Stamm trägt anfangs in seiner Jugend nur unfruchtbare, später zwischen diesen periodisch auch fruchtbare oder lauter fruchtbare Blätter.

Sori heißen die Gruppen von Sporangien, welche in gesetzmäßiger Beziehung zu den Blattnerven stehen. Ihre Gestalt und Anordnung ist für die Gattungen und auch höhere systematische Einheiten charakteristisch. Bei manchen Gattungen (Hymenophyllaceen, Fig. 188 *A*), Dennstaedtia, Davallia) nimmt der Sorus das Ende gewisser Nerven am Blattrande ein und besteht aus zwei Teilen, einem zentralen Träger der Sporangien, Receptaculum (Fig. 188 *A*, *r*), von verlängerter fadenförmiger oder kurz polsterförmiger Gestalt und einer becherförmigen, bisweilen tief zweilippigen Hülle,

dem Indusium (Fig. 188 *A*, *i*). Bei den meisten Farnen ist aber der Sorus vom Rande auf die Unterseite des Blattes hereingerückt; das Indusium erscheint hier nur noch als einseitige Bedeckung des sporangientragenden Receptaculums (Fig. 188 *B*, *D*, *E*); es wird hier als Schleierchen bezeichnet und besitzt eine nach den Gattungen verschiedene Gestalt. Die der Blattoberseite entsprechende Hälfte des ursprünglich becherförmigen Indusiums ist in der Blattfläche aufgegangen (s. den Übergang in Fig. 188 *B*). Bei manchen Gattungen ist das Indusium vollständig verloren gegangen; der Sorus heißt dann nackt (Fig. 188 *F*). Viele Farne tragen längs des Blattrandes eine kontinuierliche Reihe von Sporangien, welche durch seitliche Verschmelzung der dichtgestellten Sori entstanden gedacht werden kann. Das unterseitige Indusium geht hier meist ganz verloren; der Blattrand bedeckt als sog. unechtes Indusium die Sporangien (Fig. 188 *C*). Endlich giebt es auch Farne, bei welchen die Sporangien, ohne Sori zu bilden, über die ganze Unterfläche des Blattes, Nerven samt Mesophyll bedeckend, zerstreut sind. Als Paraphysen werden Haarbildungen bezeichnet, welche bald vom Stiel der Sporangien (Fig. 189 *p*), bald zwischen diesen vom Receptaculum entspringen.

Das Sporangium ist eine gestielte (Fig. 189), seltener sitzende Kapsel mit einschichtiger Wandung. Zu der Art des Aufspringens des Sporangiums

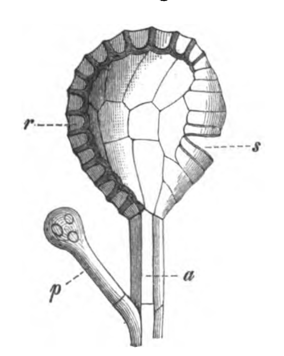


Fig. 189. Geöffnetes und entleertes Sporangium von Aspidium filix mas (90); *a* der Stiel mit Paraphyse (*p*). *r* der Ring, *s* Öffnung.

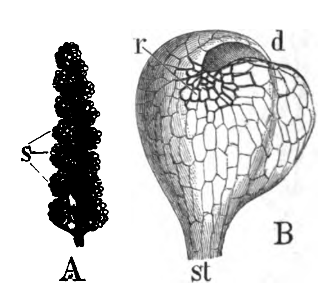


Fig. 190. Osmunda regalis. *A* fertiles Fiederchen mit den randständigen Sporangiengruppen *s*; an der Basis ist noch etwas Mesophyll entwickelt (natürl. Gr.). *B* ein einzelnes Sporangium (200), *st* der kurze Stiel, *r* der Ring, *d* die Längsspalte.

stehen eigentümlich ausgebildete, stärker verdickte Zellen der Wandung in Beziehung, welche einen vollständig geschlossenen oder unvollständig geschlossenen (Fig. 189 *r*) Ring, oder auch eine anders geformte Gruppe (Fig. 190 *r*) bilden, dann aber ebenfalls als Ring (annulus) bezeichnet werden. Die Ausbildung des Ringes ist für die Charakteristik der Familien von Wichtigkeit.

Über Aposporie und Apogamie s. S. 130.

Die Farne, welche auch in zahlreichen fossilen Resten aus der Vorwelt (*Pecopteris*, *Sphenopteris*, *Neuropteris* u. a.) erhalten sind, umfassen folgende acht Familien, von welchen einige ausschließlich den Tropenregionen angehören, wo auch die übrigen bei uns vertretenen ihre reichste Entwickelung finden:

Fam. 1. Hymenophyllaceae. Enthält die einfachst gebauten Formen; das Mesophyll ist fast stets einschichtig, der Sorus immer randständig (Fig. 188 *A*), der Ring der sitzenden oder kurzgestielten Sporangien vollständig. Das Prothallium lässt eine an das Protonema der Moose erinnernde Gliederung erkennen.

Fast sämtliche Arten kommen in den Tropen vor; nur *Trichomanes* speciosum und *Hymenophyllum* tunbridgense finden sich auch in Europa.

Fam. 2. Polypodiaceae. Der Ring des gestielten Sporangiums (Fig. 189) ist unvollständig, d. h. an der Basis nicht geschlossen. Zu dieser außerordentlich artenreichen Familie gehören fast sämtliche bei uns einheimische Farnkräuter.

Die wichtigsten Unterfamilien sind:

a) Lonchitideae. Haare als Zellreihen bestehend; Sori randständig, mit Indusium, öfters in eine Linie zusammenfließend. *Pteridium*, Adlerfarn; der Stamm kriecht tief in der Erde und treibt jährlich nur ein großes, vielfach zerteiltes Blatt, auf dessen Stielquerschnitt die Gefäßbündel eine charakteristische, ungefähr einem Doppeladler gleichende Figur bilden.

b) Pterideae. Haare aus Zellflächen bestehend; Sori nahe dem Rande, ohne Indusium, oft zusammenfließend (Fig. 188 *C*). *Pteris*, *Adiantum*.

c) Aspidieae. Sori unterseits, rundlich, mit schild- und nierenförmigem Indusium, zuweilen nackt (Fig. 188 *D*). *Aspidium* filix mas, Wurmfarn, mit reicher Blattkrone, (nördl. gem. Zone u. andin); *Nephrodium* mit vergänglichem oder ohne Schleier; *Phegopteris*.

d) Asplenieae. Sori randständig mit seitlichen Strängen (*Davallia*) oder unterseits, länglich bis linienförmig, mit seitlichem Indusium (Fig. 188 *B* u. *E*). *Asplenium*. — *Athyrium*. — *Scolopendrium* mit ungeteilten Blättern.

e) Polypodieae. Der Sorus unterseits, nackt (Fig. 188 *F*). Die abgestorbenen Blätter trennen sich vom Rhizom vollständig mit Hinterlassung einer rundlichen Narbe; die Blätter stehen meist zweizeilig auf dem Rücken des kriechenden Rhizoms; *Polypodium*, mit einfach fiederteiligen Blättern.

f) Acrosticheae. Die Unterseite des ganzen Blattes ist mit Sporangien bedeckt. — *Platycerium*, *Acrostichum*.

Offizinell: Rhizoma Filicis von Aspidium filix mas.

Fam. 3. Cyatheaceae. Von voriger nur durch den an der Basis geschlossenen Ring des Sporangiums verschieden.

Hierher gehören die Baumfarne: *Cibotium*, *Balantium* mit randständigem Sorus und becherförmigem Indusium, *Cyathea* und *Alsophila* mit unterseitigem Sorus.

Fam. 4. Gleicheniaceae und 5. Schizaeaceae fast nur in den Tropen.

Bemerkenswert ist *Lygodium*, dessen gefiederte Blätter eine außerordentliche Länge erreichen und mit ihrer Mittelrippe sich um Stützen winden.

Fam. 6. Marattiaceae. Die Sporangien je eines Sorus sind unter sich verwachsen und entwickeln sich als Zellkomplexe. Die Blätter, meist von riesigen Dimensionen, tragen an der Basis mächtige Stipulae.

Marattia, *Kaulfussia*, *Angiopteris*, *Danaea* (Tropen).

Fam. 7. Osmundaceae. Die kurzgestielten Sporangien (Fig. 190 *B*) besitzen statt des Ringes eine eigentümliche Zellgruppe (Fig. 190 *B*, *r*) unter dem Scheitel und springen an der dieser gegenüberliegenden Seite mit einer Längsspalte auf.

Osmunda. Nur die obersten Fiedern des Blattes sind fruchtbar und entwickeln kein oder nur wenig Mesophyll. Die Sporangien sitzen ohne Indusium in Gruppen am Rande der fertilen Fiederchen.

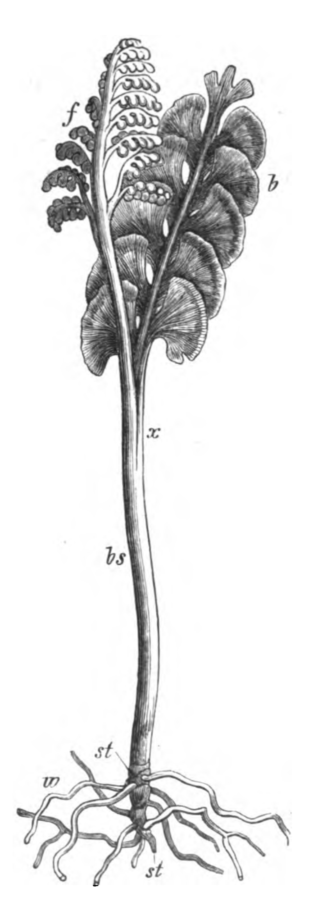


Fig. 191. Botrychium Lunaria (nat. Gr.); *st* Stamm; *w* Wurzeln; *bs* Blattstiel; *b* steriler, *f* fruchtbarer Zweig des Blattes, *x* Trennungsstelle derselben (nach *Sachs*).

Fam. 8. Ophioglossaceae. Diese Familie entfernt sich am meisten von den übrigen Farnen, schließt sich aber doch in mehrfacher Beziehung an die vorigen Familien an. Das Prothallium ist nicht flächenartig, chlorophyllreich, sondern ist ein unterirdischer Gewebekörper. Der Stamm der sporenbildenden Pflanze bleibt stets kurz und bei den einheimischen Arten unterirdisch; er trägt immer nur ein oder wenige gleichzeitig entwickelte oberirdische Blätter. Die in den nächsten Jahren zur Entfaltung gelangenden Blätter findet man von der scheidigen Basis des ausgewachsenen Blattes oder einer besonderen Hülle umschlossen am Stammende. Die fruchtbaren Blätter entwickeln aus der Oberseite des Blattstiels eine ungeteilte (Ophioglossum) oder weiter verzweigte (Botrychium Fig. 191 *f*) Auszweigung, welche die großen randständigen Sporangien trägt. Letztere entwickeln sich als Zellkomplexe, bei Ophioglossum eingesenkt ins Blattgewebe, und besitzen keinen Ring.

Ophioglossum mit ungeteilter, zungenförmiger Blattspreite und linealischer, ungeteilter, fruchtbarer Auszweigung, *Botrychium* (Fig. 191) mit gefiederter Blattspreite und rispenartiger, fruchtbarer Auszweigung.

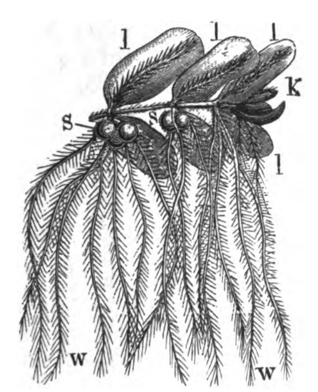
Reihe 2. Hydropterides, Wasserfarne.

Die Sporen sind zweierlei; die Makrosporangien enthalten je eine Makrospore, die Mikrosporangien zahlreiche Mikrosporen; die Prothallien sind klein und ragen nur wenig aus der Spore hervor.

Fam. 1. Salviniaceae. Das männliche Prothallium ist ein aus der Mikrospore hervorwachsender Schlauch, an dessen vorderem Ende in zwei Zellen, dem rudimentären Antheridium, die Spermatozoiden gebildet werden. Das weibliche Prothallium tritt nur wenig aus der Spore hervor (Fig. 185).

Der Stamm der sporenbildenden Pflanze von Salvinia schwimmt auf der Oberfläche des Wassers und trägt auf der oberen Seite vier Reihen

grüner, flach ausgebreiteter Luftblätter (Fig. 192 *l*), auf der unteren zwei Reihen fein zerteilter Wasserblätter (Fig. 192 *w*), welche derart zu Quirlen angeordnet sind, dass immer ein Wasserblatt und zwei Luftblätter einen Quirl bilden. Wurzeln fehlen vollständig. Die Sori stehen an den Wasserblättern (Fig. 192 *s*); jeder einzelne Sorus wird von einem dicken Indusium vollständig umschlossen und hat einen Durchmesser von etwa 5 mm; auf dem säulenartigen Receptaculum stehen im Innern dieser sog. Frucht die Sporangien; in den einen Sori zahlreiche, langgestielte Mikrosporangien (Fig. 192 *B*, *i*, *i*), in den anderen weniger zahlreiche, kurzgestielte Makrosporangien (Fig. 192 *B*, *a*). — Salvinia, Azolla.



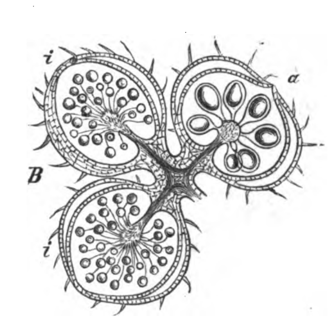


Fig. 192. Stammende von Salvinia natans, schräg von unten gesehen (natürl. Gr.). *lll* Luftblätter, *ww* Wasserblätter mit den Sori *ss*; *k* Terminalknospe des Stammes. *B* Längsschnitt durch drei fruchtbare Zipfel eines Wasserblattes (10); *ii* zwei Sori mit Mikrosporangien, *a* einer mit Makrosporangien (nach *Sachs*).

Fam. 2. Marsiliaceae mit zwei Gattungen: Marsilia und Pilularia. Beiderlei Prothallien erfahren noch geringere Entwickelung als bei Salvinia.

Der dorsiventrale Stamm von Marsilia (Fig. 193) kriecht auf dem Grunde des Wassers und trägt oberseits zwei Reihen langgestielter Blätter mit vierteiliger Spreite. Die Unterseite des Stammes bildet nur Wurzeln. Die fruchtbaren Blätter sind über ihrer Basis verzweigt; der eine Zweig gleicht den sterilen Blättern völlig, der andere aber stellt eine bohnenähnliche Frucht vor (Fig. 193 *f*), in deren Innerem mehrere Sori von dünnen Indusien umschlossen enthalten sind. Diese Frucht besteht aus einem zusammengeschlagenen Blatt; die Sporangien entstehen aus einzelnen oberflächlichen Zellen der Innenfläche der Fruchtwand. In jedem Sorus stehen sowohl Makro- als Mikrosporangien.

2. Unterklasse. Equisetinae.

Die fruchttragenden Blätter stehen in zahlreichen Quirlen, einen ährenförmigen Sporangienstand (Blüte) am Gipfel der Stengel bildend, sind schildförmig und tragen die Sporangien, welche als Zellkomplexe entstehen, auf ihrer Unterseite. Die Sporen sind alle gleich.

Die Gruppe enthält nur eine Gattung, **Equisetum, Schachtelhalm.**

Das Prothallium ist reich verzweigt und trägt die Antheridien und Archegonien an den Enden der Lappen.

Die sporenbildende Pflanze besteht aus unterirdischen farblosen Sprossen, welche jährlich grüne Sprosse, die meist von nur einjähriger Lebens-

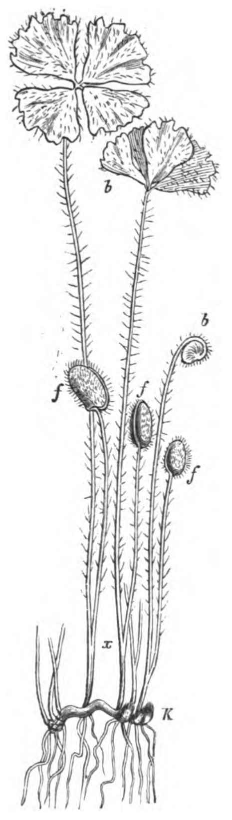


Fig. 193. Marsilia salvatrix (1/2 der nat. Gr.), *k* Stammende, *b* Blätter, *f* die Früchte, bei *x* aus den Blattstielen entspringend (nach *Sachs*).

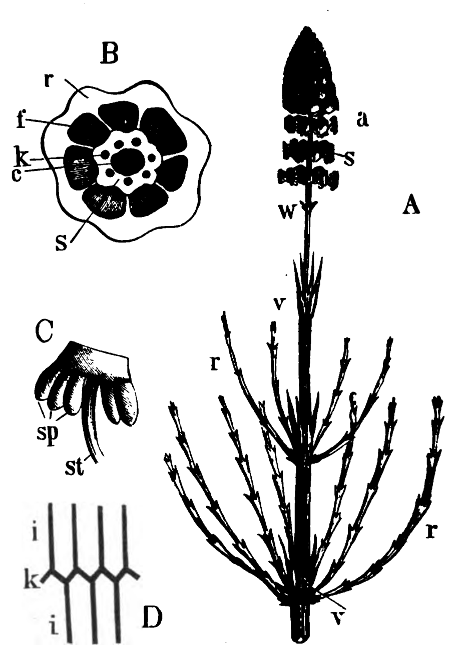


Fig. 194. *A* Oberer Teil eines blühenden Stengels von Equisetum palustre; *v* Blattscheiden, unter ihnen entspringen die Äste *r*; *w* oberste, sterile Blattscheide. *a* Sporangienstand, *s* die schildförmigen, fruchtbaren Blätter. *B* Querschnitt eines Stengels derselben Pflanze (6 mal vergr.). *c* Centralhöhle; *s* die in einen Kreis gestellten Fibrovasalstränge; jeder davon mit einer Höhlung *k*; *f* die unter den Rillen liegenden Höhlungen; *r* die Riefen. *C* Sporangientragendes Blatt (10 mal vergr.), *st* der Stiel, *sp* Sporangien. *D* Schema des Strangverlaufs an der Grenze zweier Internodien *ii*; *k* der Knoten.

dauer sind, über die Erde hervortreiben. Statt der Blätter stehen an den Knoten zwischen den langen Internodien vielzähnige, ringsum geschlossene Scheiden (Fig. 194 *A, v*). Die Oberfläche der oberirdischen Internodien ist gewöhnlich nicht glatt, sondern mit regelmäßig abwechselnden, längs verlaufenden Erhabenheiten (Riefen) und Vertiefungen (Rillen) ausgestattet (Fig. 194 *B*); jede Riefe entspricht einem Zahn der nächstoberen Scheide. Diese äußere Beschaffenheit des Stengels steht im engsten Zusammenhang mit dem anatomischen Bau. Die Fibrovasalstränge von kollateralem Bau sind in einen Kreis geordnet (Fig. 194 *B, s*); jeder Strang besitzt eine durch

Zerreißen der Ringgefäße entstandene Höhlung (*k*); da die Fibrovasalstränge auf denselben Radien wie die Riefen der Oberfläche liegen, hat man diese Höhlungen als Kantenlücken bezeichnet. Das Rindengewebe besitzt ebenfalls große Hohlräume, die vor den Rillen liegen (Fig. 194 *B*, *f*), daher Furchenlücken genannt; auch das Mark wird durch einen großen Luftraum, die Centralhöhle (Fig. 194 *B*, *c*), ersetzt. Die Äste entspringen an der Basis der Scheide zwischen den Zähnen und sind dem Hauptspross gleich gebaut. Die Zellwände der Epidermis sind stark mit Kieselsäure inkrustiert.

Die fruchtbaren Sprosse endigen mit einem Sporangienstand, dessen sporangientragende Blätter die Form von Schildern besitzen (Fig. 194 *Aa*, *C*). Diese Schilder stehen in zahlreichen Quirlen, sind gestielt und tragen nach innen gekehrt die Sporangien in Form von Säcken, die sich durch Risse nach innen öffnen (Fig. 194 *C*, *sp*). Die Exine der Sporen besteht aus zwei Schichten; die äußere, welche mit der inneren nur an einem Punkte zusammenhängt, wird durch schraubenlinig verlaufende Risse in zwei Schraubenbänder aufgeschlitzt, welche hygroskopisch sind.

Während einige tropische Arten eine enorme Höhe (mit verhältnismäßig geringer Dicke) erreichen und die vorweltlichen Formen riesige Dimensionen besaßen, erreichen unsere einheimischen höchstens die Höhe eines Meters bei einer Dicke von etwa 2 cm. Bei E. arvense und E. maximum sind die fruchtbaren Sprosse, welche im Frühjahre vor den grünen, sterilen erscheinen, chlorophyllfrei und unverzweigt; E. palustre (Fig. 194), limosum, hiemale u. s. w. tragen die Sporangienstände auf dem Gipfel der gewöhnlichen grünen, verzweigten oder unverzweigten Sprosse; bei E. silvaticum endlich erzeugen die fruchtbaren Sprosse, welche bis zur Sporenreife den chlorophyllfreien von E. arvense ganz ähnlich sind, nachher grüne Seitenzweige, wodurch sie den sterilen fast gleich werden.

Von fossilen Formen schließen sich hier die *Calamariae* der Steinkohlenformation an, welche neben mancher Übereinstimmung durch cambiales Dickenwachstum des Stammes, durch sterile Blattquirle zwischen den fertilen, sowie wenigstens zum Teil durch Makro- und Mikrosporen sich von den Equisetaceen unterscheiden. Stämme: *Calamites*, *Archaeocalamites*; Laubzweige: *Annularia*; Sporangienstände: *Calamostachys*.

Die Sphenophyllaceae bilden einen gänzlich ausgestorbenen Pflanzentypus mit kleinen, quirligen Blättern und geschlossenen Gefäßbündeln. Die auf der Blattspreite oder in den Blattachseln stehenden Sporangien sind wahrscheinlich Makro- und Mikrosporangien. — Fossil im Kulm bis in die obere Steinkohle.

3. Unterklasse. Lycopodinae.

Die Blätter sind meist klein, die fruchttragenden häufig eine bestimmte Region des Stengels bildend. Die Sporangien, welche sich als Zellkomplexe entwickeln, stehen fast immer in der Blattachsel oder nächst der Basis des Blattes auf dessen Oberseite.

Fam. 1. Lycopodiaceae, Bärlappe. Die Sporen sind alle gleichartig, die Prothallien groß, selbständig. Die Sporangien sind Auswüchse der Blattbasis und stehen in der Blattachsel. Der Stamm wächst stark in die Länge und trägt zahlreiche, verhältnismäßig kurze Blätter.

Das Prothallium von Lycopodium annotinum (Fig. 195) ist ein umfangreicher unterirdischer Gewebekörper, welcher Archegonien und eingesenkt die Antheridien trägt, jenes des tropischen L. Phlegmaria ein chlorophyllfreier strangartiger verästelter Gewebekörper, welcher zwischen Borkeschuppen der Bäume wächst. Hingegen sind die Prothallien von L. inundatum und dem tropischen L. cernuum chlorophyllhaltig, jenen von Equisetum ähnlich.



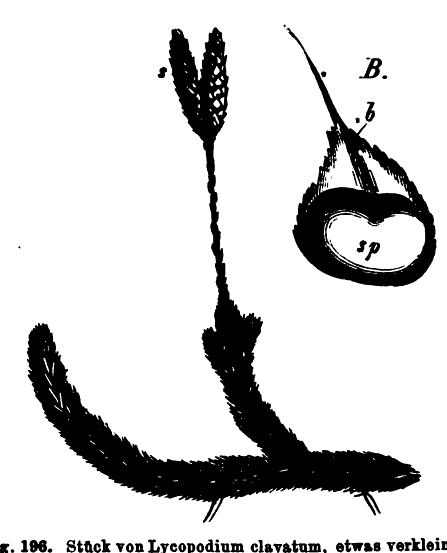


Fig. 196. Stück von Lycopodium clavatum, etwas verkleinert. *s* Sporangienstände. *B* ein abgelöstes Blatt (*b*) mit einem aufgesprungenen Sporangium (*sp*) in der Achsel (10).

Fig. 195. Junge Pflanze *l* von Lycopodium annotinum, aus dem Prothallium *p* entspringend; *w* Wurzel. (Nach *Fankhauser*.)

Der Stamm der sporenbildenden Pflanze wächst stark in die Länge, kriecht meist am Boden hin und verzweigt sich anscheinend dichotomisch in verschiedenen Ebenen. Die Internodien sind kurz, die einnervigen Blätter dicht gedrängt in spiraliger oder decussierter Anordnung; in letzterem Fall sind die Stengel häufig plattgedrückt und dadurch die Blätter der breiten Seiten von etwas anderer Gestalt, als die an den Kanten stehenden. Die Wurzeln sind dichotomisch verzweigt. Der Fibrovasalstrang des Stammes ist radiär gebaut.

Die Sporangien entstehen im Gewebe der fruchtbaren Blätter. Diese sind bei einigen Arten (z. B. L. Selago) den sterilen ganz gleichgestaltet, bei den anderen davon verschieden, nicht grün und bilden dann Sporangienstände (Blüten), welche bei L. clavatum auf besonderen kurzbeblätterten Stielen stehen (Fig. 196 *s*).

Offizinell: Lycopodium, d. h. die Sporen von Lycopodium clavatum (fast kosmopolitisch).

Fam. 2. Psilotaceae. Isospor. Sporangienstände seitlich nur aus wenigen Sporangien ohne Blätter. *Tmesipteris* und *Psilotum* in den Tropen und Neu-Holland.

Fam. 3. Selaginellaceae. Makrosporen zu je vieren in einem Makrosporangium, Mikrosporen zahlreich im Mikrosporangium enthalten; beiderlei Sporangien stehen in der Blattachsel. Die Prothallien sind klein und ragen aus der Spore nur wenig vor. Der Stamm wächst stark in die Länge und trägt zahlreiche kurze Blätter.

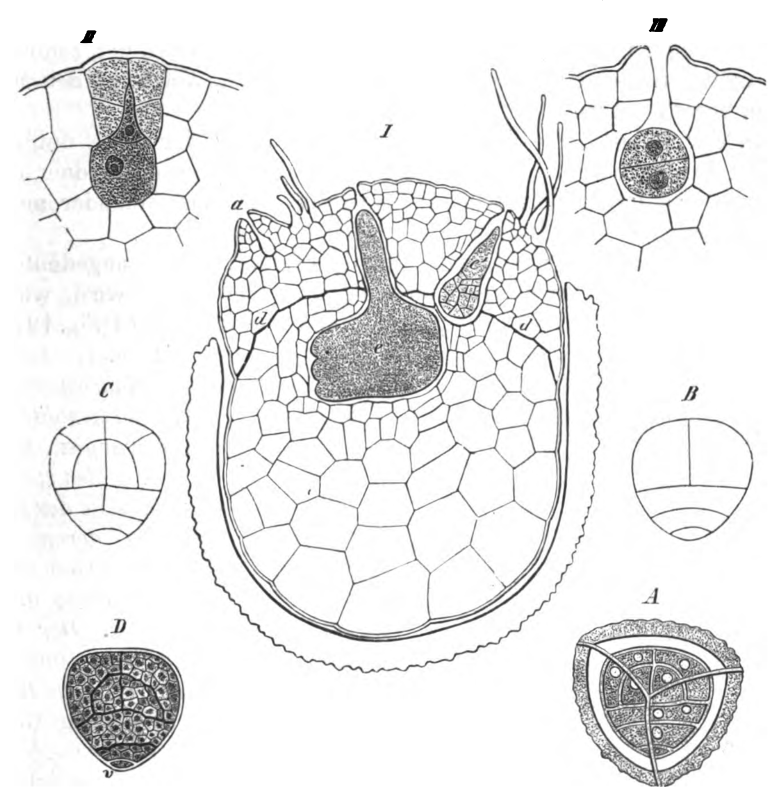


Fig. 197. Keimung von Selaginella. *I* Makrospore von S. Martensii mit zwei befruchteten Archegonien *e* und *e'* und einem unbefruchteten *a*. *II* und *III* Archegonien. *A—D* Entwicklung der Mikrosporen von S. caulescens; *v* Prothallium. *B* u. *C* schematisiert. (Nach *Pfeffer*.)

Die einzige, meist tropische Gattung Selaginella hat äußerlich einige Ähnlichkeit mit den Lycopodien; der Stengel verzweigt sich dichotomisch immer in einer Ebene und bildet öfters komplizierte Verzweigungssysteme; er kriecht bei einigen Arten am Boden hin, bei anderen ist er aufrecht, selbst strauchartig. Die Internodien sind kurz und tragen einnervige, kurze, oft rundliche Blätter, welche meist in vier Reihen stehen und auf den beiden Seiten des Stammes verschiedene Form haben, derart, dass von den dekussierten Blattpaaren jedes aus einem größeren Unterblatt und einem kleineren Oberblatt besteht. An der Basis des Blattes steht eine kleine häutige Ligula. Die Wurzeln verzweigen sich dichotomisch in sich kreuzenden Ebenen.

Die Sporangien stehen einzeln in der Achsel der fruchtbaren Blätter, welche meist etwas von den sterilen verschieden und zu einem Sporangienstand (Blüte) zusammengestellt sind; gewöhnlich nehmen sowohl die Mikrosporangien, als die Makrosporangien je eine zusammenhängende Region ein; da jedes Blatt in seiner Achsel nur ein Sporangium trägt, welches entweder ein Makrosporangium oder ein Mikrosporangium ist, so kann man also hier weibliche und männliche Blätter unterscheiden. Sehr häufig stehen die männlichen Blätter weiter oben im Sporangienstand, als die weiblichen. Die Makrosporangien enthalten je vier Makrosporen, indem von den zahlreichen Mutterzellen nur eine sich teilt in vier Tochterzellen, welche zu den Makrosporen heranwachsen.

In der Makrospore bildet sich schon während der Reife unter dem Scheitel das Prothallium, welches später nach der Aussaat aus dem an den drei Kanten aufreißenden Scheitel hervorragt und hier ein oder mehrere Archegonien trägt (Fig. 197 *I*).

In der Mikrospore wird das Prothallium (Fig. 197 *D*, *v*) angedeutet, indem eine sich weiter nicht verändernde Zelle abgeschieden wird, während die andere durch wiederholte Teilungen zum Antheridium wird (Fig. 197*A*-*D*).

Fam. 4. Isoëtaceae. Makrosporen und Mikrosporen zahlreich in den Sporangien. Beiderlei Sporangien stehen an der Oberseite der Blätter nahe an deren Basis. Prothallien klein und ragen nur wenig aus der Spore vor. Der Stamm bleibt kurz und trägt zahlreiche lange Blätter.

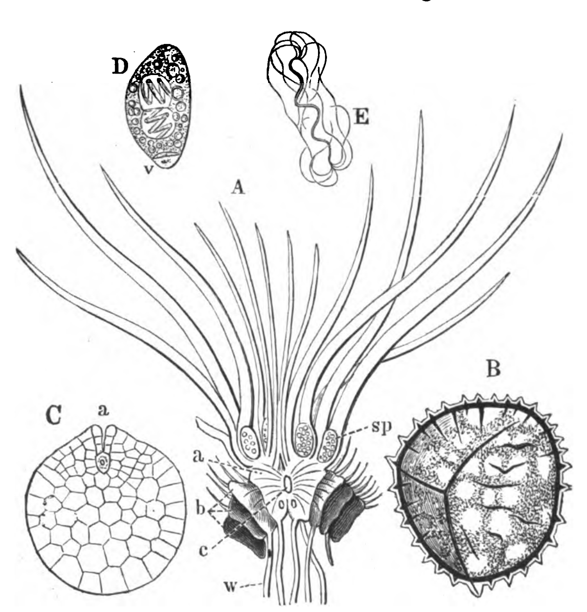


Fig. 198. Isoëtes lacustris. *A* ganze Pflanze im Längsschnitt, nat. Gr., *a* Stengel, *b* dessen Rindenschichten, *c* centrales Gefässbündel, *w* Wurzeln, *sp* Sporangien. *B* eine Makrospore, vergr. 60; *C* dieselbe im Längsschnitt nach der Keimung, *a* ein Archegonium. *D* Mikrospore, gekeimt, mit dem Prothallium *v*, 500mal vergr. *E* ein Spermatozoid, verg. 500. (Nach *Sachs*.)

Die einzige Gattung Isoëtes enthält Wasserpflanzen, welche am Grunde von Seen u. dgl. leben. Der Stamm ist kurz; an zwei oder drei Längslinien desselben bilden sich durch Vermehrung des Rindengewebes weit hervorstehende Flügel, zwischen welchen die Wurzeln hervorbrechen (Fig. 198*A*, *a*). Die zahlreichen Blätter haben eine entwickelte Scheide, von welcher die lange schmale Spreite durch eine Grube getrennt ist. Am Rande dieser Grube steht eine Ligula.

Die Sporangien (Fig. 198 *A*, *sp*) sind in eine Vertiefung der Blattscheide eingesenkt; die Makrosporangien finden sich an den äußeren, die Mikrosporangien an den inneren Blättern. Beiderlei Sporangien werden von Zellfäden zwischen den Sporen durchzogen.

Die Entwicklung der Prothallien ist ähnlich wie bei Selaginella (Fig. 198 *B—D*).

Fossile Lycopodinen.

Die wichtigsten sind die *Lepidodendreen* (*Lepidodendron*) und die *Sigillarieen* (*Sigillaria*), welche mit mächtigen Stämmen in der Steinkohlenformation vegetierten, sich durch die Gestalt und Anordnung der Blattnarben unterscheiden. Die letzteren und ein Teil der ersteren besaßen cambiales Dickenwachstum; für die Lepidodendreen sind Makro- und Mikrosporen nachgewiesen, für die Sigillarieen ist ähnliches Verhalten wahrscheinlich. Als Rhizome zu Pflanzen beider Ordnungen gehörig dürfen die *Stigmarien* zu betrachten sein; *Lepidostrobus* sind die Sporangienstände von Lepidodendreen.

Abteilung IV.

Die Phanerogamen.

In Blatt, Stamm und Wurzel gegliederte Pflanzen *mit verdecktem Generationswechsel. Die geschlechtliche Generation ist männlich oder weiblich, wie bei den heterosporen Pteridophyten. Die männliche entwickelt sich in den Pollenkörnern (= Mikrosporen) und besteht aus einer bis wenigen, häufig bald verschwindenden Zellen und einer zum Pollenschlauch auswachsenden Zelle (= Prothallium); Spermatozoiden werden nicht gebildet. Die weibliche geschlechtliche Generation entwickelt sich im Embryosack (= Makrospore) und enthält mehrere oder ein sehr reduziertes Archegonium. Der aus der Eizelle hervorgehende Embryo gelangt im Embryosack zur Entwicklung und wird erst später im Samen (= Makrosporangium) abgeworfen. Aus dem Samen entsteht die allermeist hochgradig differenzierte ungeschlechtliche Generation, welche wieder Pollenkörner (Mikrosporen) und Embryosäcke (Makrosporen) entwickelt.*

Die Phanerogamen zerfallen in zwei Klassen, von denen die erste, die Gymnospermen, den Pteridophyten viel näher steht, als die Angiospermen, bei denen die geschlechtliche Generation noch weiter reduziert wird, und Prothallien überhaupt nicht mehr in die Erscheinung treten.

---

1. Klasse: Die Gymnospermen.

Wie bei den Pteridophyten ist auch hier die aus der befruchteten Eizelle hervorgehende Pflanze in Stamm und Blatt gegliedert, besitzt Gefäßbündel und echte Wurzeln, dauert viele Jahre aus und erzeugt in gesetzmäßiger Wiederholung Sporen, d. h. Pollenkörner. Allein die von diesen Sporen gebildeten Prothallien treten nicht als selbständige, getrennt lebende

Pflanzen auf, sondern die Befruchtung vollzieht sich, in unten näher zu besprechender Weise, auf der sporenbildenden Pflanze selbst; erst der durch die Befruchtung entstandene Embryo wird, eingeschlossen im Samen, von der Mutterpflanze abgeworfen; der Generationswechsel ist in der Samenbildung versteckt. Dadurch gehören die Gymnospermen der höchstentwickelten Stufe des Pflanzenreiches, den Samenpflanzen, Phanerogamen, an, verknüpfen diese aber durch die noch deutlich vorhandenen Prothallien und Archegonien, sowie andere Merkmale mit den höchstentwickelten Kryptogamen, den heterosporen Pteridophyten.

Mit einer einzigen, unten zu erwähnenden Ausnahme haben alle Gymnospermen Blüten, d. h. ihre sporangientragenden Blätter, von anderer Gestalt als die Laubblätter, sind nächst der Spitze eines begrenzten Sprosses

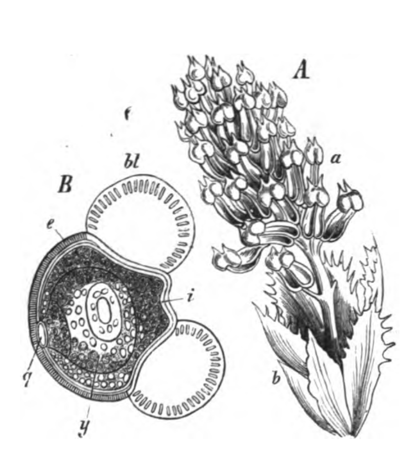


Fig. 199. *A* Männliche Blüte von Abies alba; *b* Hochblätter, *a* die Staubblätter mit je zwei seitlichen Pollensäcken. *B* ein Pollenkorn, stark vergrößert; *e* Exine mit blasigen Auftreibungen *bl*; *i* Intine; *y* uhrglasförmige Zellen (nach *Sachs*).

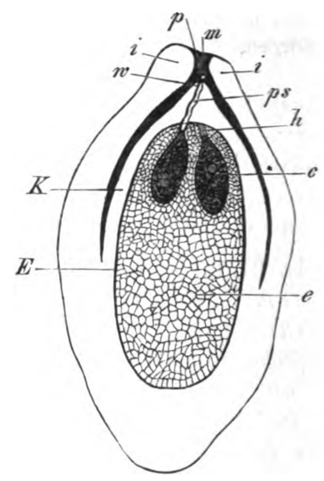


Fig. 200. Längsschnitt durch eine Samenanlage von Abies während der Befruchtung, schematisiert (15); *ii* Integument, *m* Mikropyle, *K* Kerngewebe. *E* Embryosack, *e* Endosperm, in dessen vorderem Teile zwei Archegonien, das rechts mit Centralzelle *c* und Halszelle *h*, das links eben vom Pollenschlauch *ps* befruchtet; *p* Pollenkorn auf der Kernwarze *w* liegend.

zusammengestellt. Da die Sporangien hier gleich die Sexualorgane bilden, so kann man für die Gymnospermen sowie die Phanerogamen überhaupt die Blüte definieren als einen begrenzten Spross, dessen Blätter die Sexualorgane tragen. Die Sporangien sind stets von zweierlei Art, männliche Mikrosporangien und weibliche Makrosporangien; dieselben sind ferner nicht bloß auf verschiedene Blätter, sondern auch auf verschiedene Blüten verteilt. Häufig stehen die Blüten beiderlei Geschlechts auf dem gleichen Individuum, dasselbe ist sonach monöcisch; es giebt aber auch diöcische Gymnospermen, so die Cycadeen, unter den Coniferen Taxus, Juniperus u. a.

Die männlichen Blätter, Staubblätter genannt, tragen in verschiedener Anzahl und Anordnung die Mikrosporangien, hier Pollensäcke genannt (Fig. 199 *A*, *a*). In diesen Pollensäcken entstehen genau in der-

selben Weise wie bei den Pteridophyten die Mikrosporen, hier **Pollenkörner** genannt, und werden durch das Aufspringen der Pollensäcke entleert. Wie bei den heterosporen Pteridophyten wird auch hier durch wenige Zellteilungen ein rudimentäres Prothallium (Fig. 199 *B y*) in den Mikrosporen angedeutet; in der weiteren Entwickelung aber zeigt sich eine erhebliche Differenz. Während bei den Pteridophyten in einem Antheridium Spermatozoiden erzeugt werden, wächst hier die größte Zelle des Pollenkorns unter geeigneten Bedingungen zum **Pollenschlauch** aus, wobei die Exine aufgerissen, abgestreift oder durchbohrt wird. In diesem Pollenschlauch werden keine Spermatozoiden gebildet, sondern es treten bei der Befruchtung Bestandteile des Inhalts der kleineren Zellen durch die Membran des Schlauches hindurch zur Eizelle über.

Die weiblichen Blätter, **Fruchtblätter**, **Carpelle**, genannt, tragen an ihrem Rande oder an ihrer freien Oberfläche ein oder mehrere Makrosporangien, hier **Samenanlagen** (oder **Ovula**) genannt. Abgesehen von dem bei den Gymnospermen meist wenig entwickelten Stiel unterscheidet man an der Samenanlage:

1. Das **Integument** (Fig. 200 *i*), eine Hülle, welche, vom Grunde oder vom Umfange der Samenanlage entspringend, vorn nicht ganz geschlossen ist, sondern einen Gang, die **Mikropyle** (Fig. 200 *m*), frei lässt.

2. Das **Kerngewebe** (**Nucellus**, Fig. 200 *K*), den wesentlichen Teil der Samenanlage. In diesem Kerngewebe liegt ziemlich entfernt von der Mikropyle eine sehr große Zelle, die Makrospore, hier **Embryosack** genannt (Fig. 200 *E*). In diesem bildet sich durch freie Zellbildung das Prothallium, hier **Endosperm** genannt (Fig. 200 *e*), welches an seinem vor-

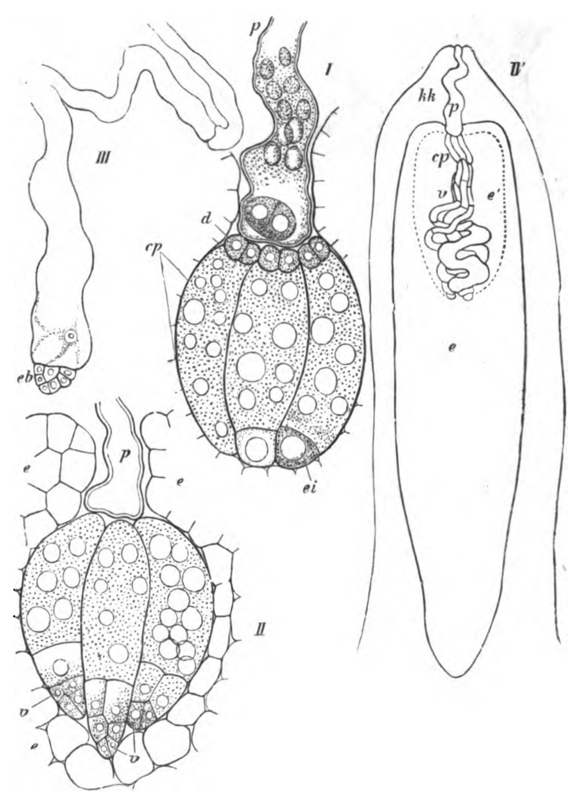


Fig. 201. Juniperus communis. *I* Drei Archegonien *cp* mit den Halszellen *d*, von dem Pollenschlauch *p* befruchtet, *ei* befruchtete Eizelle; *II* späteres Stadium, *v* Embryoträger, *e* Endosperm; *III* unteres Ende einer der Längsreihen von Zellen eines Vorkeims mit der Embryoanlage *eb*; *IV* Längsschnitt durch den Nucellus, *e'* gelockerte Region des Endosperms. (Nach *Hofmeister*.)

deren Ende zwei oder mehr Archegonien (früher Corpuscula genannt) trägt. Das Archegonium besteht aus einer großen Zentral- oder Eizelle (Fig. 200 *c*) und einem Hals, der von einer oder wenigen Zellen gebildet wird (Fig. 200 *h*).

Die Befruchtung wird dadurch eingeleitet, dass die Pollenkörner, welche durch den Wind auf die Mikropyle gelangt sind und durch die hier ausgeschiedene Flüssigkeit auf das Kernende (Fig. 200 *w*) hinabgezogen wurden, von hier aus durch das Kerngewebe hindurch Pollenschläuche treiben. Der Pollenschlauch verdrängt die Halszelle und befruchtet die Eizelle; in vielen Fällen macht der Pollenschlauch dabei eine kürzere oder längere Wartezeit durch.

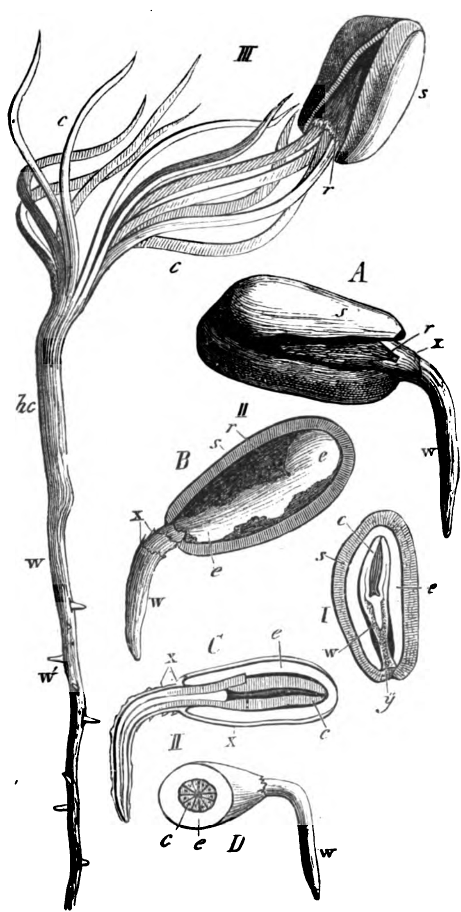


Fig. 202. Keimende Samen von Pinus Pinea; *I* der reife Samen, der Länge nach durchschnitten; *s* Samenschale, *e* Endosperm, *w* Keimwurzel, *c* Kotyledonen, *y* das Mikropylenende; *II* beginnende Keimung, *A* von außen, *x* der Embryosack, *B* nach Wegnahme der einen Schalenhälfte, *e* Endosperm; *C* Längsschnitt ohne Samenschale, *D* im Querschnitt, *III* vollendete Keimung; die Kotyledonen *c* entfalten sich, das hypokotyle Glied *hc* ist gestreckt (nach *Sachs*).

Der Kern der Eizelle wandert nach der Befruchtung in den basalen Teil der Eizelle und grenzt sich hier durch eine Scheidewand gegen die größere Hälfte der Eizelle ab (Fig. 201 *I, ei*); aus dieser unteren Zelle entsteht in bei einzelnen Gruppen etwas abweichender Weise der Embryoträger (Fig. 201 *II*). Gewisse Zellen dieses letzteren strecken sich nun bedeutend und schieben die an ihrer Spitze befindliche Embryoanlage in das Endosperm hinein (Fig. 201 *III, IV*). Auf diese Weise können bei den Coniferen aus einer Eizelle mehrere Embryonen hervorgehen. Obwohl nun außerdem mehrere Archegonien in jeder Samenanlage vorhanden sind, enthält der reife Same doch stets nur einen einzigen Embryo, da alle übrigen von einem verdrängt werden.

Im heranreifenden Samen entwickelt sich der Embryo so weit, dass schon das Stämmchen mit den ersten Blättern und die erste Wurzel vorhanden sind. Die erste Wurzel (Fig. 202 *w*), Hauptwurzel, liegt gerade in der Verlängerung des meist kurzen Stämm-

chens, mit der Spitze dem Embryoträger angrenzend, somit der Mikropyle zugewendet. Das Stämmchen trägt am entgegengesetzten Ende ein Paar oder einen mehrzähligen Quirl von Blättern, welche von den folgenden Blättern der Pflanze etwas verschieden sind und Keimblätter, Kotyledonen (Fig. 202 *III*, *c*), genannt werden. Bisweilen sind schon die folgenden Blätter an der Gipfelknospe, der Plumula, deutlich sichtbar. Der Teil des Stämmchens von den Kotyledonen abwärts heißt hypokotyles Glied (Fig. 202 *III*, *hc*); es geht allmählich in die Hauptwurzel über und wird mit dieser zusammen als Radicula, Würzelchen bezeichnet. Das auf die Kolytedonen folgende Internodium heißt epikotyles Glied.

Während der Embryo diese Ausbildung erreicht, wächst auch das Endosperm, so weit es nicht durch diesen verdrängt wird, noch kräftig fort und füllt sich mit Reservestoffen; das Kerngewebe und das Integument verholzen und bilden die Samenschale; seltener werden die äußersten Schichten derselben saftig; die Samenanlage wird somit zum Samen.

Sonach besteht der reife Same aus folgenden drei Bestandteilen:

1. dem durch die Befruchtung entstandenen Embryo, welcher bereits in Stamm, Blatt und Wurzel gegliedert ist (Fig. 202 *I*, *w* bis *c*);

2. dem Endosperm (d. h. dem Prothallium), welches als Reservestoffbehälter dient (Fig. 202 *I*, *e*);

3. der Samenschale, hervorgegangen aus den außerhalb des Embryosacks gelegenen Geweben des Nucellus und des Integuments (Fig. 202 *I*, *s*).

In einzelnen Fällen (Taxus) entwickelt sich nach der Befruchtung noch eine weitere, äußere Hülle des Samens, der Samenmantel (Arillus).

Während die Samenanlage zum Samen wird, erfahren in der Regel auch die Fruchtblätter eigenartige Veränderungen.

Bei der Keimung, welche gewöhnlich erst nach einer Zeit der Ruhe erfolgt, tritt zuerst die Spitze der Hauptwurzel durch die Mikropyle hervor; entweder bleiben nun die Kotyledonen im Samen eingeschlossen und dienen nur der Aufsaugung und Überführung der Reservestoffe des Endosperms: durch eine Krümmung ihrer Basis wird alsdann die Plumula aus dem Samen hervorgezogen; oder (bei fast allen Coniferen) die Kotyledonen entfalten sich, heben den Samen empor, saugen mit ihren Spitzen die Reservestoffe völlig auf und dienen alsdann als die ersten grünen Blattorgane der Keimpflanze.

Die Gymnospermen gliedern sich in folgende Gruppen.

1. Unterklasse. Cycadaceae. Der Stamm verzweigt sich sehr spärlich oder gar nicht; die Blätter sind groß und verzweigt.

2. Unterklasse. Coniferae. Der Stamm verzweigt sich reichlich axillär monopodial und trägt kleine, fast stets unverzweigte Blätter.

3. Unterklasse. Gnetaceae. Von verschiedenem Wuchse, aber in der Blütenbildung mit deutlicher Annäherung an die Angiospermen.

1. Unterklasse: Cycadaceae.

Der Stamm verzweigt sich sehr spärlich oder gar nicht, die Blätter sind groß und verzweigt.

Die Cycadaceen erinnern einerseits an die Farne, andererseits besitzen sie in ihrem Aussehen einige Ähnlichkeit mit den Palmen. Der Stamm ist knollig oder säulenförmig, dicht mit Blättern besetzt. Diese sind grüne, meist einfach gefiederte Laubblätter von lederartiger Beschaffenheit, welche jährlich oder erst nach mehreren Jahren wiederholt hervorgebracht werden und eine prächtige Krone am Ende des Stammes bilden. Zwischen den einzelnen Gruppen von Laubblättern stehen zahlreiche, nur aus dem Scheidenteil bestehende Schuppenblätter. Der Stamm besitzt kambiales Dickenwachstum; in der Rinde treten verzweigte Schleimgänge auf.

Die Blüten stehen terminal am Stammende, diöcisch verteilt. Den einfachsten Fall zeigen die weiblichen Pflanzen der Gattung Cycas; dieselben tragen (in derselben Weise, wie an einem Farnstamm zwischen sterilen Blättern zeitweise solche mit Sori auftreten) eine Rosette von Fruchtblättern, über welchen derselbe Stamm weiter wachsend wieder Laubblätter erzeugt. Die Fruchtblätter (Fig. 203 *A*) sind den Laubblättern ähnlich gestaltet, nur kleiner, und tragen an Stelle der unteren Fiedern die Samenanlagen (Fig. 203 *A*, *s*). Bei allen anderen Cycadaceen (ebenso auch die männlichen Blüten von Cycas selbst) sind die **Blüten zapfenförmig**, d. h. die begrenzte Achse ist mit kurzen, schildförmigen Blättern dicht besetzt, welche in den weiblichen Blüten je zwei Samenanlagen (Fig. 203 *B*, *s*), in den männlichen zahlreiche Pollensäcke (Fig. 203 *C*, *p*) tragen.

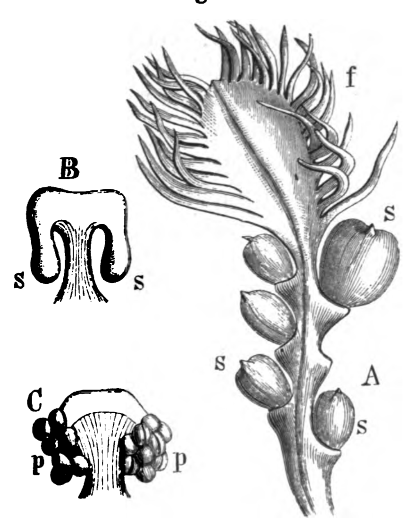


Fig. 203. *A* Fruchtblatt von Cycas revoluta (1/4 nat. Gr.), *f* Seitenfiedern, *s* Samenanlagen. *B* Fruchtblatt von Zamia muricata mit zwei Samenanlagen *s*. *C* Staubblatt derselben mit den Pollensäcken *p*.

Die Samenanlagen erreichen eine bedeutende Größe, die von Cycas haben schon vor der Befruchtung etwa die Größe einer Kirsche; bei der Reife werden die äußersten Schichten des Integuments saftig. — Eine besondere Eigentümlichkeit der Cycadaceen ist die sogenannte Pollenkammer, eine Höhlung des Kerngewebes der Samenanlage zwischen der Mikropyle und dem Embryosack; in diese werden die Pollenkörner herabgezogen, um erst hier zu Pollenschläuchen auszuwachsen.

Der Embryo trägt zwei Kotyledonen, welche bei der Keimung nicht aus dem Samen hervortreten.

Tropische und subtropische Pflanzen, in der Vorwelt viel reicher und mannigfaltiger entwickelt. *Cycas*, *Zamia*, *Dioon*, *Encephalartos*, *Macrozamia* u. a.

Nutzpflanzen: *Cycas* revoluta (Japan) und circinalis (Ostindien), sowie *Dioon* edule (Mexiko) liefern im Mark des Stammes Stärkemehl (Sago).

An die Cycadaceen schließen sich die ausgestorbenen (vom Silur bis zur permischen Formation gefundenen) *Cordaitaceen* an, deren nackte eingeschlechtige Blüten zu Ähren vereinigt in den Achseln der parallelnervigen Blätter standen.

2. Unterklasse: Coniferae.

Der Stamm verzweigt sich reichlich axillär, monopodial und trägt kleine, fast stets unverzweigte Blätter.

Hierher gehören die auch bei uns zahlreich vertretenen Nadelhölzer. Der Embryo trägt eine auch fortan sich stark entwickelnde Hauptwurzel und zwei oder mehr Kotyledonen, welche bei der Keimung meist aus der Samenschale hervortreten und sich entfalten (Fig. 202 *III*). Der Stamm ist durch die regelmäßige, racemöse Verzweigung ausgezeichnet; doch trägt hier nicht jede Blattachsel eine Knospe; die Blätter sind vorherrschend einnervig, schmal »nadelförmig«, doch kommen auch mehrnervige (z. B. Araucaria imbricata), selbst dichotomisch gelappte Blätter (Ginkgo) vor. In der Gewebebildung nähern sie sich sehr den Dikotyledonen, indem der Stamm, gleich jenem der Dikotyledonen, durch einen Cambiumring in die Dicke wächst; das sekundäre Holz enthält jedoch keine echten Gefäße, sondern besteht ganz und gar aus Tracheiden, deren Wände mit gehöften Tüpfeln versehen sind (s. S. 82, Fig. 94); ferner sind als Eigentümlichkeit die den meisten Gattungen zukommenden schizogenen Harzgänge hervorzuheben.

Die Pflanzen sind vorherrschend monöcisch, einzelne Gattungen diöcisch.

Die männliche Blüte besteht aus einer mit Staubblättern besetzten verlängerten Achse (Fig. 199); die Staubblätter sind mehr oder weniger schildförmig und tragen an den Seiten oder unterseits zwei oder mehr Pollensäcke.

Die weiblichen Blüten sind bei den einzelnen Familien von verschiedenem Bau, vielfach zapfenähnlich (aber keine Zapfen!), d. h. sie bestehen aus einer verlängerten Achse, deren Blätter, die Fruchtblätter, auf ihrer Oberfläche oder in ihrer Achsel eine, zwei oder mehr Samenanlagen tragen; letztere stehen aufrecht oder sind umgewendet, d. h. richten letzterenfalls ihre Mikropyle gegen die Basis des Fruchtblattes. Wenn auch zeitweise die Fruchtblätter eines »Zapfens« fest aneinanderschließen, so bilden sie doch niemals eigentliche geschlossene Gehäuse, wie bei den Angiospermen; insbesondere erfolgt die Bestäubung direkt auf den Samenanlagen.

Bei einigen Gattungen (Pinus, Juniperus) erfordert die Samenreife zwei Jahre, d. h. im ersten Jahre erfolgt bloß die Bestäubung, d. h. das Auffliegen der Pollenkörner auf die Mikropyle der dem gleichen Jahrgange angehörigen weiblichen Blüten; die sich hier entwickelnden Pollenschläuche wachsen nur noch eine Strecke weit in das Kerngewebe hinein; alsdann erfolgt ein Ruhestadium; nahezu ein Jahr nach erfolgter Bestäubung setzen

diese Pollenschläuche ihr Wachstum fort und vollziehen die Befruchtung, worauf sofort die Entwickelung des Embryos und Samenreife wie bei den übrigen Gattungen stattfinden.

Die Unterklasse enthält zwei Familien, von denen die eine reich gegliedert ist.

1. Fam. Taxaceae. Keine zapfenähnlichen Blüten, die Samen mit fleischiger Schale oder Arillus versehen, über die Fruchtblätter vorragend, oder letztere fehlend. Samenanlagen aufrecht (Taxus, Ginkgo) oder umgewendet (Podocarpus).

Taxus, Eibe; diöcisch; die Samenanlagen stehen ohne Fruchtblätter einzeln am Ende je eines sehr kurzen, mit Hochblättern besetzten Zweigleins (Fig. 204 *B*); der Same wird bis zur Reifezeit von einem später rot und fleischig werdenden Arillus (Fig. 204 *B*, *a*; *A*, *f*) umwachsen. Die spiralig gestellten Blätter stehen nach zwei Seiten ab, sind flach, nadelförmig, unterseits heller grün, aber ohne weißen Streifen; hierdurch ist der Baum sofort von der im Habitus der Zweige ähnlichen Edeltanne zu unterscheiden. — *Ginkgo* (China und Japan) hat gestielte, dichotomisch gelappte, breite Blätter und erinnert auch im Wuchs an manche Laubbäume; die weibliche Blüte ist langgestielt und besteht aus meist zwei Samenanlagen, welche bei der Reife außen saftig werden. — *Phyllocladus* in Neuholland hat Phyllocladien.

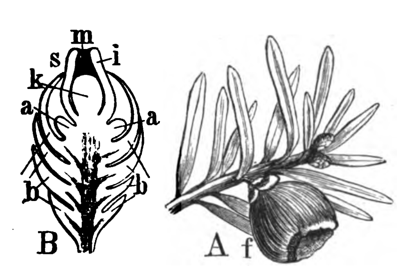


Fig. 204. Taxus baccata. *A* Zweig eines weiblichen Baumes mit einem Samen *f* (nat. Größe). *B* weibliches Blütenzweiglein im Längsschnitt (20 mal vergr.), *b* schuppenartige Hochblätter, welche auch noch an der Basis des Samens wahrnehmbar sind; *s* die scheinbar terminale Samenanlage mit Integument *i*, der Mikropyle *m* und dem Kern *k*; *aa* die Anlage des erst später heranwachsenden Arillus.

2. Fam. Araucariaceae. Blüten zapfenähnlich, die Samen von den Schuppen überragt, mit trockener Schale.

a) Araucarieae. Fruchtblätter ungeteilt (Fig. 205 *a*, *a''*) mit je einer umgewendeten Samenanlage, wie die Laubblätter spiralig angeordnet. — Südamerika, Südostasien, Australien.

Araucaria imbricata mit breiten, mehrnervigen Blättern, in Chile; A. excelsa mit einnervigen kantigen Blättern, auf der Norfolksinsel, beide mit sehr regelmäßiger Verzweigung.

Offizinell: Resina Dammarae von Agathis Dammara (Fig. 205) auf den malayischen Inseln und Philippinen (auch von den Dipterocarpaceen Shorea micrantha und S. splendida).

b) Abietineae. Jedes Fruchtblatt besteht aus zwei hintereinanderstehenden, fast bis zur Basis getrennten Teilen; der äußere Teil, stets schmäler, meist auch kürzer (Fig. 206 *B*, *c*), wird als Deckschuppe bezeichnet; der innere, breitere, besonders zur Fruchtzeit sich stark vergrößernde Teil (Fig. 206 *B*, *s*), die Fruchtschuppe, steht anscheinend in der Achsel der Deckschuppe und trägt an der der Zapfenspindel zugewendeten Seite, und zwar an ihrer Basis, zwei umgewendete Samenanlagen (Fig. 206 *A*, *sk*). Man hat für dieses allerdings auffallende Verhältnis, dass die Fruchtschuppe in der Achsel der Deckschuppe steht, die verschiedensten Erklärungen versucht; der Vergleich der übrigen Familien, bei welchen

eine solche Trennung nicht oder nur in geringem Grade vorkommt, lässt die Deutung am einfachsten erscheinen, wonach die beiden Schuppen nur Teile eines Fruchtblattes sind, ähnlich wie der sterile und fertile Blattteil bei den Ophioglosseen. Indes sei hier auch jener Auffassung gedacht, dass die Deckschuppe ein wirkliches Deckblatt sei und in ihrer Achsel eine Blüte mit mehreren zur Fruchtschuppe verwachsenen Fruchtblättern trage; für die übrigen Familien würden sich dann entsprechende Abänderungen er-

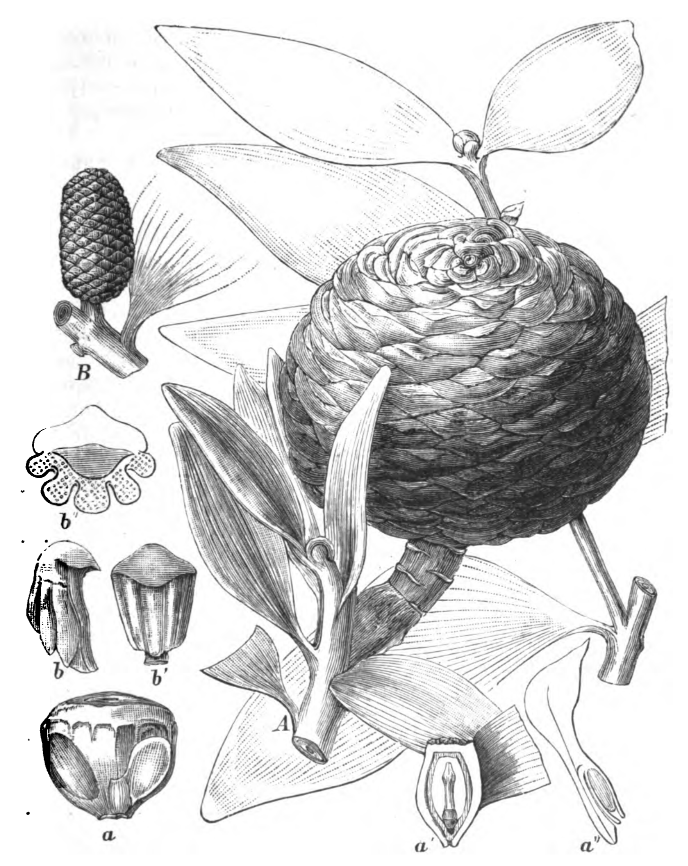


Fig. 205. Agathis Dammara. *A* Frucht- und Blattzweig; *a* einzelnes Fruchtblatt, *a'* und *a''* im Längsschnitt. *B* männliche Blüte, *b* und *b'* Staubblatt, *b''* desgl. im Querschnitt. (Nach Natürl. Pflanzenfam.)

geben. — Die Fruchtblätter (»Zapfenschuppen«) sind spiralig angeordnet. Die reifen Samen erhalten fast stets einen Flügelanhang, welcher indes nicht der Samenschale, sondern der Innenfläche der Fruchtschuppe entstammt (Fig. 206 *C*, *f*).

Die Staubblätter tragen je zwei Pollensäcke; die Pollenkörner sind häufig mit blasenförmigen Auftreibungen der Exine (s. Fig. 199 *B*, *bl*) ausgestattet, die mit Luft gefüllt sind. Blüten stets monöcisch.

Die Laubblätter sind spiralig angeordnet, stets ungeteilt, einnervig; Winterknospen mit Knospenschuppen. — Kotyledonen stets mehr als zwei, in wechselnder Anzahl, sehr häufig fünf, im Dunklen ergrünend.

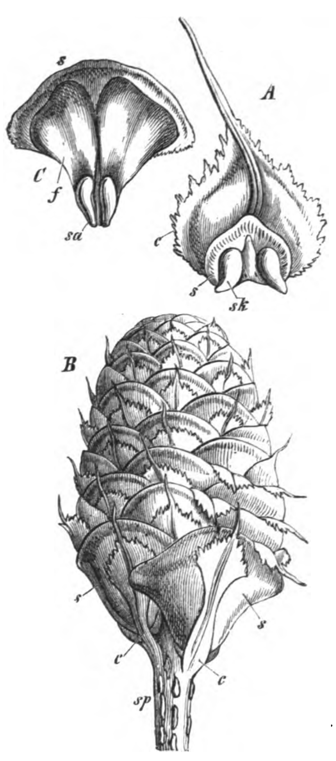


Fig. 206. Abies alba. *A* von der Spindel eines jungen „Zapfens" abgelöste Deckschuppe (*c*) von innen gesehen, daran die Fruchtschuppe *s* mit zwei Samenanlagen *sk* (vergr.). *B* ausgewachsene Blüte (nat. Gr.). *sp* Spindel, *c* Deckschuppen, *s* Fruchtschuppen. *C* reife Fruchtschuppe mit zwei Samen *sa* und deren Flügeln *f* (nach *Sachs*).

Die wichtigsten Gattungen unterscheiden sich in folgender Weise:

A. **Keine Kurztriebe; Fruchtschuppen flach; Samenreife einjährig. — Der Stamm trägt kräftige Seitenzweige (Quirläste) in den obersten Blattachseln jedes Jahrestriebes und außerdem schwächere Seitenzweige in einzelnen Blattachseln. Die männlichen Blüten stehen in den Achseln der vorjährigen Blätter.**
   I. **Deckschuppen ungefähr so lang als die Fruchtschuppen.**
      1. **Blüte (»Zapfen«) aufrecht, bei der Reife zerfallend; Laubblätter flach, mit kreisrunder Basis, nicht erhaben eingefügt . . . . 1. *Abies*.**
      2. **»Zapfen« hängend, nicht zerfallend; Laubblätter flach, mit quergestreckter Basis einer schwachen Erhabenheit eingefügt 2. *Pseudotsuga*.**
   II. **Deckschuppen viel kürzer als die Fruchtschuppen; »Zapfen« hängend, nicht zerfallend; Laubblätter einer stark erhabenen Riefe eingefügt.**
      1. **Laubblätter vierkantig mit zwei seitlichen Harzgängen . 3. *Picea*.**
      2. **Laubblätter flach mit einem unterseitigen Harzgang . . . 4. *Tsuga*.**

B. **Lang- und Kurztriebe.**
   I. **Fruchtschuppen flach; Laubblätter an Lang- und Kurztrieben; Verzweigung des Stammes unregelmäßig.**
      1. **Laubblätter sommergrün; Samenreife einjährig . . . . . 5. *Larix*.**
      2. **Laubblätter wintergrün; Samenreife zweijährig . . . . 6. *Cedrus*.**
   II. **Fruchtschuppen an der Spitze verdickt; Laubblätter nur an Kurztrieben; nur Quirläste . . . . 7. *Pinus*.**

1. *Abies*, Tanne. Laubblätter flach, zweischneidig, unterseits mit zwei weißen Streifen versehen; »Zapfen« in der Achsel eines Blattes des vorjährigen Triebes weit rückwärts von dessen Spitze und bei der Reife derart zerfallend, dass Deck- und Fruchtschuppe unter sich verbunden nebst den Samen von der stehenbleibenden Spindel sich lösen (Fig. 206 *B*). A. balsamea in Nordamerika liefert den Kanadabalsam.

2. *Pseudotsuga* Douglasii (pacif. Nordamerika); Laubblätter flach, unterseits schwach gestreift.

3. *Picea*, Fichte. »Zapfen« an der Spitze des vorjährigen Triebes, hängen bald nach der Bestäubung nach abwärts und lassen die Samen ausfallen; bei mehreren Arten, so unserer P. excelsa, Rottanne (Europa), sind die Nadeln seitlich zusammengedrückt, meist allseitig grün; bei andern (P. Omorica in Serbien, P. ajanensis in Ostasien) sind die Nadeln median flachgedrückt und oberseits weißgestreift.

4. *Tsuga* hat unterseits weißgestreifte Nadeln, überhängende Zweigspitzen, kleine »Zapfen«.

5. *Larix*, Lärche. Die Blätter stehen spiralig am Langtrieb, sowie auch büschelig zahlreich an Kurztrieben, die aus den Blattachseln des vorjährigen Langtriebes hervorkommen, sich jedes Jahr nur wenig verlängern, aber wieder in Langtriebe übergehen können. Die männlichen Blüten stehen an der Spitze unbeblätterter, die »Zapfen« an der Spitze beblätterter Kurztriebe.

7. *Pinus*, Kiefer. Die Fruchtschuppen tragen an der verdickten Spitze ein meist rhombisches Feld, die Apophyse; Samenreife zwei Jahre. Die mehrere Jahre lebenden Nadeln stehen nur zu 2, 3 oder 5 an Kurztrieben, die an ihrer Basis Niederblätter tragen, sich nicht verlängern und aus der Achsel schuppenförmiger Blätter des Langtriebes des gleichen Jahres entspringen. Die männlichen Blüten nehmen die Stelle von Kurztrieben an der Basis des diesjährigen Langtriebes ein und stehen hier dichtgedrängt; die »Zapfen« stehen ebenfalls an der Stelle von Kurztrieben, meistens an der Spitze des diesjährigen Langtriebes. — Bei der Untergattung Pinaster ist die Apophyse rhombisch, mit Querkiel, ungefähr in der Mitte genabelt; meist nur zwei grüne Nadeln an jedem Kurztrieb. P. Laricio, Schwarzkiefer, in Südeuropa, mit zugespitzten Winterknospen; P. Pinea, Pinie, in Südeuropa, mit großen, essbaren Samen, deren Flügel nur klein ist. — Bei der Untergattung Strobus ist die Apophyse halbrhombisch, nahe dem Vorderrande gekielt und genabelt; fünf grüne Nadeln an jedem Kurztrieb; P. Cembra, Zirbelkiefer, in den Alpen und Karpathen, mit ungeflügelten Samen und zerfallenden Zapfen.

Offizinell: Terebinthina, das mit ätherischem Terpentinöl gemengt ausfließende Harz (auch Oleum Terebinthi, Pix liquida und Colophonium) verschiedener Arten, besonders von Pinus Pinaster und P. Laricio.

c) Taxodieae. Fruchtblätter nur an der Spitze etwas geteilt; die Samenanlage ist wenigstens anfangs aufrecht; Blätter und Zapfenschuppen spiralig gestellt.

Taxodium distichum, Sumpfcypresse, im atlant. Nordamerika; die mit mehrzeilig gestellten, zweiseitig abstehenden Blättern besetzten schwächeren Zweige fallen alljährlich im Herbste ab. — *Sequoia* gigantea, Mammutbaum, in Kalifornien, besonders durch die Dimensionen und das hohe Alter der dort vorkommenden Bäume merkwürdig. — *Sciadopitys* verticillata aus Japan trägt an den Langtrieben nur Schuppenblätter; aus den Achseln der vordersten eines jeden Jahrestriebes entspringen »Doppelnadeln«, d. h. Kurztriebe, deren beide allein vorhandene Laubblätter mit einander verwachsen sind.

d) Cupressineae. Die Fruchtblätter lassen nur gegen die Spitze die Andeutung einer Teilung (Fig. 207 *B*, *f*, *d*) erkennen; die Samenanlage ist stets aufrecht; Blätter quirlig gestellt.

Blätter in zwei- oder dreigliedrigen Quirlen, meist an ihrer Basis mit der Rinde des Zweiges verschmolzen. Fruchtblätter, in verhältnismäßig geringer Anzahl vorhanden, tragen innen an ihrer Basis zwei oder mehr Samenanlagen; Juniperus communis und die verwandten Arten haben nur je eine etwas seitlich stehende Samenanlage innerhalb jeder Schuppe, so dass es scheint, als würden die drei Samenanlagen mit den drei Schuppen alternieren. Die Blüten sind monöcisch oder diöcisch.

Bei *Juniperus* (diöcisch) werden die Zapfenschuppen bei der Reife saftig und verwachsen zusammen zu einer »Beere«; bei der Untergattung Oxycedrus (wohin J. communis, der gemeine Wacholder) stehen die am Grunde gegliederten Blätter in dreizähligen Quirlen, entsprechend trägt der Zapfen drei Schuppen; bei der Untergattung Sabina (wohin J. Sabina, J. virginiana u. a.) stehen die Blätter meist in zwei-

gliedrigen Quirlen, ebenso die Fruchtblätter (Fig. 208 *A*). — *Thuja*, Lebensbaum; die Fruchtblätter werden holzig und springen kapselartig auseinander. Die dekussierten Blätter ragen nur wenig über die Zweigoberfläche vor und tragen einen höckerförmig vorspringenden Harzbehälter. Die Zweige verästeln sich in den letzten Graden nur in einer Ebene, sind dorsiventral ausgebildet und sehen daher verzweigten Blättern entfernt ähnlich. — *Cupressus* sempervirens, Cypresse, in Südeuropa, mit schildförmig gestielten Fruchtblättern; letzteres auch bei *Chamaecyparis*, wohin beliebte Zierbäume gehören. *Callitris* quadrivalvis (Atlas) liefert Sandarakharz. — Die auf die Kotyledonen folgenden Blätter der Keimpflanzen sind noch nicht schuppenförmig, kurz, sondern lang, nadelförmig. Durch Stecklinge von den Keimpflanzen lässt sich diese Form für die ganze Pflanze fixieren; solche Formen verschiedener Arten von Chamaecyparis, von Thuja occidentalis wurden früher irrtümlich als besondere Species beschrieben.

Offizinell: Fructus Juniperi, die Früchte von Juniperus communis (Fig. 208 *B*, *C*).

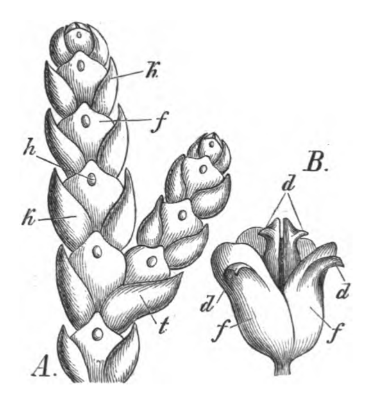


Fig. 207. *A* Zweig von Thuja occidentalis (6mal vergr.). *k* Kanten-, *f* Flächenblätter, *h* Harzbehälter, *t* Tragblatt eines Seitenzweiges. *B* reifer »Zapfen« von Thuja orientalis (nat. Größe). *f* Zapfenschuppen, an welchen die der Deckschuppe entsprechende Spitze *d* frei vorragt.

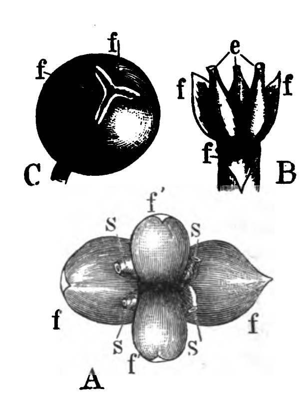


Fig. 208. *A* junger »Beerenzapfen« von Juniperus Sabina, von oben gesehen (vergr.); *ff* die beiden unteren Fruchtblätter, mit je zwei Samenanlagen *S*; *f'f'* der obere sterile Quirl von Fruchtblättern; *B* junger »Beerenzapfen« von Juniperus communis nach Entfernung der Hochblätter; *fff* die drei Fruchtblätter (das vordere zurückgeschlagen); *e* die drei Samenanlagen; *C* reifer »Beerenzapfen« derselben Pflanze; die drei Schuppen *f* sind noch erkennbar.

3. Unterklasse: Gnetaceae.

Die Gnetaceen unterscheiden sich von den Coniferen dadurch, dass sowohl die männlichen als die weiblichen Blüten Umhüllungen besitzen, die der Blütenhülle der Angiospermen ähnlich sind. Die Blätter sind gegenständig; der sekundäre Holzkörper enthält Gefäße. Harzgänge fehlen.

Ephedra, niedriger Strauch vom Aussehen eines Equisetum, mit langen aufrechten Zweigen und kleinen, sehr entfernt stehenden, zu stengelumfassenden Scheiden verwachsenen Blättern und diöcischen Blüten. — *Welwitschia* mirabilis, in Damaraland und Benguela, ist ausgezeichnet durch einen ganz kurz bleibenden, eine riesige Rübe darstellenden Stamm, der (außer zwei Keimblättern) nur zwei sehr große Laubblätter und in deren Achseln verzweigte Blütenstände trägt.

2. Klasse: Die Angiospermen.

Die in der Blüte vorhandenen Fortpflanzungsorgane sind im wesentlichen dieselben, wie bei den Gymnospermen; doch sind folgende Verschiedenheiten hervorzuheben: Die Samenanlagen stehen nicht frei auf der Oberfläche der Fruchtblätter, sondern diese letzteren bilden ein geschlossenes Gehäuse, den Fruchtknoten, welcher die Samenanlagen einschließt und mit einem Aufnahmeorgan für die Pollenkörner, der Narbe, versehen ist. Vor der Befruchtung bildet sich im Embryosack kein Prothallium, sowie keine Archegonien, sondern die Eizelle entsteht direkt durch freie Zellbildung im Embryosack. Ebenso unterbleibt auch in den Pollenkörnern jede Prothallienbildung; dieselben sind stets einzellig.

Die Blüte im allgemeinen. Während bei den Gymnospermen die Staub- und Fruchtblätter auf verschiedene Blüten verteilt, die Blüten sonach eingeschlechtig sind, ist es bei den Angiospermen vorherrschend Regel, dass in einer Blüte sowohl Staub- als Fruchtblätter vorhanden sind; solche Blüten heißen zweigeschlechtig, hermaphrodit, monoklin, Zwitterblüten (durch das Zeichen ☿ ausgedrückt); es kommen indes auch eingeschlechtige, diklinische Blüten vor. Doch lässt sich in den meisten (allen?) Fällen das Fehlen des einen Geschlechts auf eine Verkümmerung in der typisch zweigeschlechtigen Blüte zurückführen. Nach der Verteilung der eingeschlechtigen Blüten auf die Individuen sind die Pflanzen monöcisch oder diöcisch (S. 129). Kommen endlich auf demselben Individuum sowohl eingeschlechtige, als hermaphrodite Blüten vor, so heißt die Pflanze polygam.

Die polygamen Pflanzen gliedern sich biologisch in folgende Gruppen.

a) ♂ und ☿ Blüten auf einem Individuum — Andromonöcie (Astrantia).
b) ♀ und ☿ Blüten auf einem Individuum — Gynomonöcie (Parietaria).
c) ♂ und ☿ Individuen einer Species — Androdiöcie (Dryas).
d) ♀ und ☿ Individuen einer Species — Gynodiöcie (Thymus).
e) ♂, ♀ und ☿ Individuen einer Art — Triöcie (Fraxinus).

An der Blütenbildung beteiligen sich aber bei den Angiospermen nicht bloß die Staub- und Fruchtblätter, sondern noch unterhalb dieser stehende Blattgebilde, welche selbst keine Fortpflanzungszellen erzeugen, aber doch indirekt bei der Fortpflanzung funktionieren: die Blütenhülle.

Sonach besteht eine typische Angiospermenblüte aus folgenden, stets in der gleichen Ordnung von unten nach oben aufeinanderfolgenden Teilen:

1. der Blüthenhülle,

2. dem Andröceum, d. h. der Gesamtheit sämtlicher in einer Blüte vorhandener Staubblätter.

3. dem Gynäceum, d. h. der Gesamtheit sämtlicher in einer Blüte vorhandener Fruchtblätter.

Auch die Blütenachse ist gewöhnlich nicht so verlängert, wie bei den Gymnospermen, sondern verbreitert und stellt einen Blütenboden, Torus, vor, auf welchem die Blattgebilde dichtgedrängt entspringen, so dass

die untersten zu äußerst, die obersten zu innerst zu stehen kommen. Eine stielartige Verlängerung der Blütenachse zwischen Kelch und Krone ist selten (Caryophyllaceae), etwas häufiger eine solche zwischen Blütenhülle und Andröceum (Androphor der Capparidaceae, Passiflora), oder zwischen Andröceum und Gynäceum (Gynophor der Capparidaceae).

Die Blütenachse schließt, mit Ausnahme einzelner abnormer Fälle (Durchwachsung), mit Erzeugung der obersten Blattgebilde der Blüte ihr Wachstum und ihre Thätigkeit ab; dieselben tragen, von einzelnen monströsen Bildungen abgesehen, niemals Knospen in ihren Achseln. Der Teil der Achse unter den Blattgebilden der Blüte ist häufig verlängert und heißt Blütenstiel (Pedunculus); derselbe ist entweder die direkte Fortsetzung eines Sprosses oder ein Seitenzweig, welcher unter der Blüte selbst ein oder mehrere Hochblätter, Vorblätter (Prophylla), trägt. Ist der der Blütenstiel wenig oder gar nicht entwickelt, so heißt die Blüte sitzend (sessilis).

Die **Blütenhülle** fehlt nur bei wenigen Familien (z. B. Piperaceen) oder Gattungen vollständig (achlamydeische Blüte). Sie besteht entweder aus unter sich gleichartigen Blättern (Perigon, homoiochlamydeische

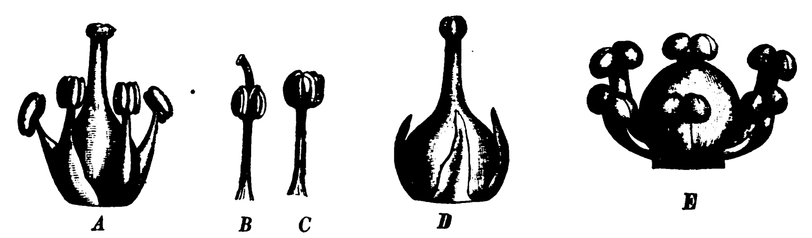


Fig. 209. Beispiele nackter Blüten. *A—D* Synandrospadix vermitoxicus; *E* Calla palustris. In *D* ist die Blüte durch Abort der Staubblätter ♀, in *B* und *C* durch Abort des Fruchtblattes ♂ geworden. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Blüte) oder aus zwei von außen nach innen aufeinander folgenden Teilen, die sich durch ihre Struktur und Beschaffenheit unterscheiden (heterochlamydeische Blüte); der äußere Kelch (Calix) besteht aus Blättern (Kelchblätter, Sepala) von derberer Struktur, meist grüner Farbe und geringerer Größe; der innere, die Krone (Corolla), ist gebildet von den Kronenblättern (Petala), die meist zart und bunt gefärbt sind. In manchen Fällen fehlt der eine der beiden Teile, während er bei verwandten Pflanzen entwickelt ist, so z. B. der Kelch bei den Compositen, die Krone bei Daphne; im letzteren Falle (apetale Blüten) nimmt dann häufig der Kelch eine Beschaffenheit an, wie sie sonst die Krone zu zeigen pflegt, er wird korollinisch (petaloid).

Das Perigon ist entweder von prophylloider Beschaffenheit, d. h. so wie sonst die Kelchblätter zu sein pflegen (z. B. Urtica), oder korollinisch (z. B. Liliaceen); die Blätter eines Perigons heißen auch Tepala.

Die einzelnen Blätter der Blütenhülle sind entweder vollständig bis zum Grund von einander getrennt, frei (Corolla eleutheropetala, auch

choripetala genannt, Calix eleutherosepalus, z. B. Cruciferen), oder mehr oder minder weit von der Basis aus zu einer Röhre verwachsen (vgl. S. 13), welche oben in so viel Zähne oder Lappen ausgeht, als Blätter vorhanden sind (Corolla sympetala, Calix synsepalus, z. B. Primula, der Kelch allein verwachsen bei Dianthus). Auch das Perigon kann aus einzelnen Blättern (Perigonium eleutherophyllum, z. B. Amarantus), oder einer Röhre (P. symphyllum, z. B. Aristolochia) bestehen; dabei können selbst Blätter zweier Quirle zu einer einzigen gemeinschaftlichen Röhre verwachsen, z. B. bei Hyacinthus.

Die Gestalt verwachsener Kronen ist bald glockenförmig, z. B. bei Campanula, trichterförmig, z. B. bei der Winde, radförmig, z. B. beim Hollunder. Häufig ist die Sonderung in einen röhrenförmigen Teil (Röhre, Tubus) und einen mehr oder weniger ausgebreiteten Saum (Limbus). Andere eigentümliche Formen hängen mit der Symmetrie der Blüte zusammen.

Die Blumenblätter sind häufig in Stiel und Spreite gegliedert, welche dann Nagel und Platte genannt werden (z. B. bei der Nelke, Fig. 210 *A*, *B*).

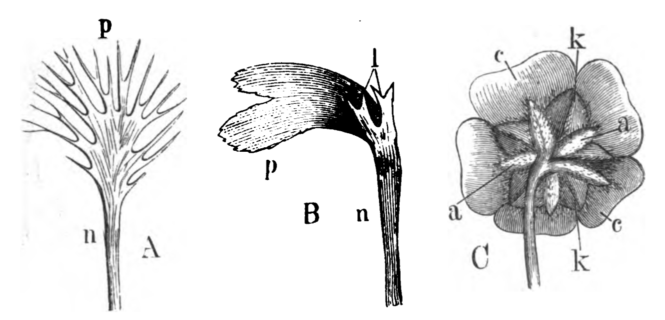


Fig. 210. *A* Kronenblatt von Dianthus superbus mit Nagel *n* und Platte *p*, letztere gespalten. *B* Kronenblatt von Lychnis mit Nagel *n*, Platte *p* und Ligula *l*. *C* Blüte von Potentilla von unten gesehen. *c* Krone. *k* Kelch, *a* Außenkelch.

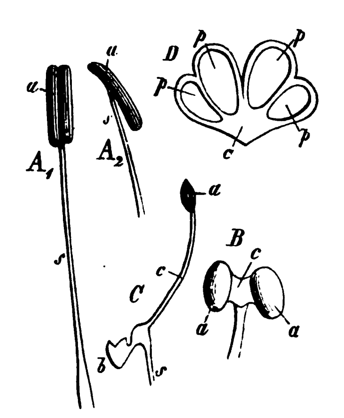
Ligularbildungen sind die sogenannten Nebenkronen (Paracorolla) bei Lychnis (Fig. 210 *B*, *l*) u. a. Selten ist Teilung oder Verzweigung der Kronenblätter, z. B. bei manchen Nelken (Fig. 210 *A*), während die ausgerandete oder verkehrt herzförmige Gestalt häufiger vorkommt. Manche Kronen- oder Perigonblätter (z. B. Delphinium) haben spornförmige Erweiterungen, welche der Ausscheidung oder Aufbewahrung des Nektars dienen.

Als Außenkelch (Caliculus) bezeichnet man Blattbildungen, welche außerhalb des Kelches dicht unter demselben gleichsam einen äußersten Kreis der Blütenhülle vorstellen, es sind dies entweder die paarweise verwachsenen Nebenblätter der Kelchblätter selbst (z. B. die kleinen Blättchen zwischen den Kelchblättern bei Potentilla, Fig. 210 *C*, *a*), oder Hochblätter, welche nahe an den Kelch hinaufgerückt sind (z. B. Malvaceen). Ein solches Hinaufrücken von Hochblättern bis dicht an die Blüte, so dass sie oberflächlich betrachtet als Teile der Blütenhülle erscheinen, kommt überhaupt öfters vor.

Tritt eine abnorme Vermehrung der korollinischen Blattgebilde der Blüte ein, sei es auf Kosten der Staub- und Fruchtblätter, oder unabhängig von diesen, so heißt die Blüte gefüllt (viele Gartensorten der Tulpen, Rosen, Nelken u. a.).

Das **Andröceum** ist die Gesamtheit der Staubblätter (Stamina) einer Blüte. Das Staubblatt besteht aus zwei Teilen, einem zarten, meist stielartig dünnen Träger, dem Filament (Fig. 211 *s*), und dem die Pollensäcke (Fig. 211 *D*, *p*) tragenden Organ, Anthere, Staubbeutel (Fig. 211 *a*).

Die Anthere besteht aus zwei Längshälften (Thecae), deren jede meistens zwei Pollensäcke (Fig. 211 *D*, *p*) enthält; diese beiden Antherenhälften werden durch das Konnektiv (Fig. 211 *c*) zusammen gehalten. Dieses ist bisweilen sehr schmal, so dass die beiden Antherenhälften dicht aneinander liegen (Fig. 211 *A*, *a*); dabei ist es entweder vom Filament nicht



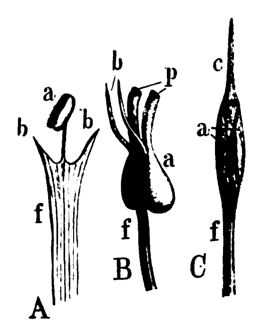


Fig. 212. *A* Staubblatt von Allium, *B* von Vaccinium Myrtillus, *C* von Paris quadrifolia (vergr.). *f* Filament, *a* Anthere, *b* Anhängsel, *c* Konnektiv, *p* Pore, mit der die Antherenhälfte sich öffnet.

Fig. 211. Staubblätter A_1 von Lilium, *s* das Filament, *a* die Anthere, A_2 dasselbe von der Seite gesehen. *B* von Tilia, *a* Antherenhälfte, *c* Konnektiv. *C* von Salvia; *s* Filament, *c* Konnektiv, *a* Antherenhälfte, *b* metamorphosierte Antherenhälfte. *D* Querschnitt der Anthere von Hypericum (vergr.), *p* die 4 Pollensäcke, *c* Konnektiv.

scharf getrennt, und die Anthere sitzt dann einfach am oberen Ende des Filaments; oder es ist gelenkartig abgesetzt, so dass die Anthere samt dem Konnektiv auf der Spitze des Filamentes drehbar ist (Anthera versatilis. Fig 211 A_2). Das Konnektiv ist aber auch oft breiter, so dass die beiden Antherenhälften weit auseinander gerückt sind (Fig. 211 *B*), oft so stark in die Breite gezogen, dass es mit dem Filament eine T-förmige Figur bildet (Fig. 211 *C*); bei dieser Pflanze, dem Salbei, kommt noch die Eigentümlichkeit hinzu, dass die eine Antherenhälfte fehlschlägt und zu anderen Zwecken umgeformt wird. Seltener (z. B. Einbeere, Fig. 212 *C*) ist das Konnektiv noch über die Anthere hinaus in eine Spitze oder Borste verlängert; die beiden Antherenhälften erscheinen dann seitlich dem Filament anliegend. — Konvergieren die beiden Antherenhälften gegen die Oberseite des Staubblattes (Fig. 211 *D*), dann heißt die Anthere intrors; konvergieren sie gegen die Unterseite: extrors.

Das Filament ist gewöhnlich stielartig rund, von zartem, farblosem oder gefärbtem Gewebe, bisweilen aber auch bandartig verbreitert; ist es sehr kurz, so wird die Anthere **sitzend** genannt. Bei einigen Pflanzen (z. B. Allium, Fig. 212 *A*) besitzt das Filament Anhängsel, bei anderen (z. B. Ericaceen, Fig. 212 *B*, Asclepiadaceen, Viola) sind die Antheren selbst mit Anhangsgebilden, wie Spornen u. dgl., ausgestattet.

Bei gewissen Pflanzen, z. B. Ricinus, sind die Staubblätter, d. h. die Filamente **verzweigt** (Fig. 213); die letzten Endigungen des verzweigten Filaments tragen die Antheren oder, wenn auch das Konnektiv sich spaltet, die Antherenhälften.

Hiermit äußerlich ähnlich, im Wesen aber grundverschieden ist die Verwachsung mehrerer nebeneinander stehender Staubblätter (z. B. Papilionatae); je nachdem nun die Staubblätter einer Blüte sämtlich zu einem Bündel (gewöhnlich einer Röhre) oder in zwei, drei u. s. w. Gruppen vereinigt sind, heißen sie **ein-, zwei-, dreibrüderig** (**mona-, di-, triadelpha**). Die Antheren und häufig die oberen Enden der Filamente sind dabei gewöhnlich frei. Sehr kompliziert wird das Verhältnis, wenn Verwachsung und Verzweigung der Filamente zugleich vorkommen, z. B. bei den Malvaceen. Bei den Compositen (z. B. Sonnenrose, Distel) sind die Filamente frei, aber die Antheren seitlich aneinander geklebt, nicht vom Ursprung aus verwachsen. Findet endlich eine Verschmelzung von Filamenten und Antheren eines Andröceums statt, so entsteht ein **Synandrium**.



Fig. 213. Teil einer männlichen Blüte von Ricinus im Längsschnitt (vergr.), *f* die vielfach verzweigten Filamente *a* deren Antheren (nach *Sachs*).

Außerdem sind die Staubblätter häufig mit anderen Blütenteilen, besonders der Blütenhülle verwachsen, so dass die Filamente oder, wenn diese sehr kurz sind, die Antheren nicht an der Blütenachse, sondern an den Blättern der Blütenhülle inseriert erscheinen. Es findet sich dieses Verhältnis vorzugsweise da, wo die Kronen- oder Perigonblätter selbst zu einer Röhre verwachsen sind (z. B. Primula).

Staubblätter, welche keinen Pollen erzeugen oder überhaupt keine Antheren tragen, heißen **Staminodien**; solche finden sich z. B. in weiblichen Blüten, welche aus Zwitterblüten hervorgegangen sind, außerdem aber besonders dann, wenn die Staubblätter eine andere Funktion übernehmen, z. B. die Honigabsonderung. Letztere kann zwar an normalen pollenbildenden Staubblättern stattfinden (z. B. Corydalis, Viola); vielfach geht aber die ursprüngliche Funktion hierbei verloren, und die Staubblätter werden zu honigbildenden Staminodien, **Honigblättern**. Solche sind z. B. bei den Ranunculaceen sehr verbreitet, wo sie bald noch die äußere Form der normalen Staubblätter besitzen (Anemone, Fig. 214 *A*), bald mehr oder minder

röhrig werden (Helleborus), ja sogar zugleich kronenartige Ausbildung erfahren können (Ranunculus, Fig. 214 *D*, *E*).

Bei manchen spiralig gebauten Blüten (z. B. Nymphaea) finden sich Zwischenstufen zwischen Kronenblättern und Staubblättern, so dass der Übergang ein ganz allmählicher ist.

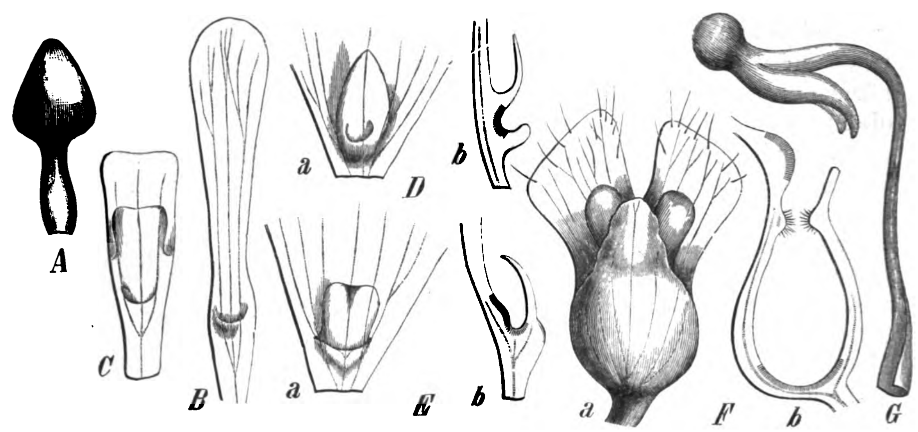


Fig. 214. Honigblätter der Ranunculaceen: *A* Anemone Pulsatilla, *B* Trollius europaeus, *C* Leptopyrum fumarioides, *D* Ranunculus platanifolius, *E* Ranunculus acer, *F* Nigella damascena, *G* Aconitum Napellus; in *D*—*F* von der Vorderseite (*a*) und im Längsschnitt (*b*). (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Die Pollensäcke, meist von ellipsoidischer bis prismatischer Gestalt, zeigen bei den Cucurbitaceen (Fig. 215) eigentümliche wurmförmige Windungen. Im allgemeinen trägt jede Antherenhälfte zwei hinter einander liegende Pollensäcke (Mikrosporangien, S. 199). Ihre Ausbildung erfolgt in ganz übereinstimmender Weise wie die Entstehung der Sporangien. Der aus Meristem bestehende Körper der Anthere, deren Konnektiv (*con*) sehr frühzeitig die Anlage eines Gefäßbündels (*gf*) erkennen lässt (Fig. 216 *A*, *B*, *D*), zeigt bald die Umrisse der fertigen Anthere, indem die vier späteren Pollensäcke als Wülste hervorspringen (Fig. 216 *A*, *B*, *D*). Eine, seltener mehrere unmittelbar unter der Epidermis liegende Zellen spalten sich an den vier Ecken des Querschnitts in je zwei Hälften, das Archespor (*a*) und eine äußere Hälfte (Fig. 216 *A*, *b*), aus welcher schließlich die Wandung des Pollensacks hervorgeht; das Archespor ist auf dem Querschnitt daher bald ein konvexes Band (Fig. 216 *F*), bald eine Zellgruppe oder eine einzelne Zelle

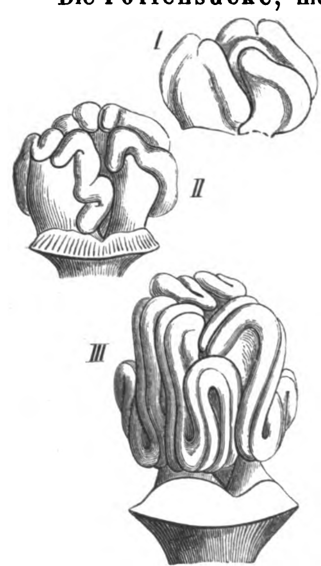


Fig. 215. Entwicklungsstadien (*I*—*III*) der Pollensäcke von Cucurbita Pepo. (Nach *Payer*.)

(Fig. 216 *B—D*). Die nach außen abgeschiedenen Zellen (*b* in Fig. 216 *A*) teilen sich tangential und radial, und daher ist schließlich das Archespor umgeben von der Epidermis und 3 Schichten von Zellen, von denen die innerste, ein drüsiges Aussehen annehmend und sich auf der Innenseite des Archespors ergänzend, zur Tapete (Fig. 216 *E*, *t*) wird und der gleichnamigen Schicht im Sporangium der Pteridophyten entspricht (s. S. 186).

Die Tapete wird im Laufe der weiteren Entwicklung aufgelöst, ebenso die ihr nach außen anliegende Schicht, so dass der Pollensack zuletzt nur eine doppelte Wandung besitzt, die Epidermis oder das Exothecium und das Endothecium, welches durch besondere Verdickung seiner Zellen ausgezeichnet ist.

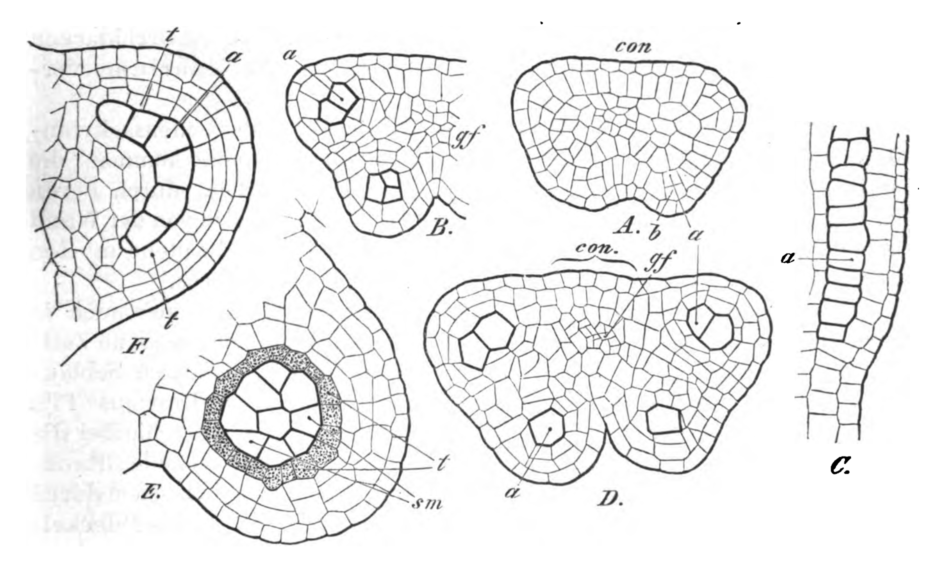


Fig. 216. Entwicklung der Pollensäcke von Doronicum macrophyllum (*A—D*), Menyanthes trifoliata (*E*) und Mentha aquatica (*F*), *A*, *B*, *D*, *E* und *F* im Quer-, *C* im Längsschnitt; *a* Archespor, *t* Tapete, *sm* Pollenmutterzellen, *con* Connectiv, *gf* Gefäßbündelanlage. (Nach *Warming*.)

Aus dem Archespor entstehen durch sparsame Teilungen die Pollenmutterzellen (Fig. 216 *E*, *sm*); ihre Membranen sind stark, aber ungleichmäßig verdickt. Aus ihnen entstehen durch eine wiederholte Zweiteilung (Monocotyledonen) oder durch Teilung nach den Ecken eines Tetraeders (Dicotyledonen) die Spezialmutterzellen, aus denen durch Verjüngung der Zellen die Pollenkörner (Mikrosporen) unter Auflösung der Membranen der Pollenmutterzellen und Spezialmutterzellen hervorgehen. Jedes Pollenkorn besitzt eine doppelte Wandung, eine äußere, cuticularisierte, in mannigfaltiger Weise verdickte Schicht, die Exine oder Exospor, und eine reine Celluloseschicht, die Intine oder Endospor. Nicht selten ist an den Stellen, wo später der Pollenschlauch heraustritt, die Exine schwach verdickt (Fig. 217), während dort die Intine nach innen vorspringende Warzen zeigt.

Diese hier mitgeteilte Entwicklung der Pollensäcke könnte man als normale bezeichnen, doch giebt es auch Ausnahmen davon. Zunächst wird bisweilen die Entwickelung einer Antherenhälfte unterdrückt (monothecische Antheren), wie solche bei den Cucurbitaceen vorkommen, auch bei den Marantaceen und bei Salvia, wo die eine Antherenhälfte staminodial und petaloid ausgebildet wird (Fig. 211 *C*); andererseits wird je ein Pollensack einer Theca unterdrückt, wie bei vielen Lauraceen und Asclepias (siehe Asclepiadaceae). — Bei vielen Mimosoideen, bei Aegiceras, Rhizophora, weniger vollkommen bei Onagraceen, wird, indem gewisse Zellen des Archespors steril bleiben, der Pollensack gefächert.

Ziemlich oft bleiben die vier Pollenzellen in ihrer Entwicklung tetraederförmig (Pollentetraden) zu je vieren verbunden (Typha, Rhododendron); bei den Ophrydeen und Mimosoideen bleiben die aus einer Archesporzelle hervorgehenden Pollenkörner im Zusammenhang und bilden die sogenannten Massulae, und diese wiederum sind bei vielen Orchidaceen zu einem den Pollensack ausfüllenden Körper, dem Pollinarium, verbunden.

Die ungleichmäßige Verdickung des Endotheciums der Pollensackwandung spielt, indem in derselben Gewebespannungen zustande kommen, die aktive Rolle beim Öffnen der Anthere. Das Öffnen erfolgt durch Poren (z. B. Ericaceen, Fig. 212 *B*, *p*) oder durch Klappen, die sich von der Wand abheben (Lauraceen, Berberidaceen), oder durch Längsspalten an den Flanken, d. h. an der Grenze je zweier Pollensäcke einer Theca.

Wenn das Pollenkorn auf die Narbe (s. unten) gelangt, oder auch in zuckerhaltige Flüssigkeiten, wächst die von der Intine umschlossene Zelle zu einem oder mehreren langen Schläuchen, den Pollenschläuchen aus (Fig. 217 *s*). Die Stellen, an welchen hierbei die Exine von der wachsenden Zelle durchbrochen wird, sind gewöhnlich schon durch die Struktur, dünne Stellen oder deckelartige Bildungen der Exine vorgezeichnet und auch in ihrer Zahl bestimmt (1, 2, 3, 4—6 oder mehr). Während bei den Gymnospermen wirkliche Zellteilungen im Pollenkorn erfolgen, wird dies bei den Angiospermen nur durch eine Kernteilung angedeutet, so dass im auskeimenden Pollenschlauch sich zwei Zellenkerne befinden. Die Reduktion des männlichen Prothalliums geht also hier noch weiter, als bei den Gymnospermen (S. 201).

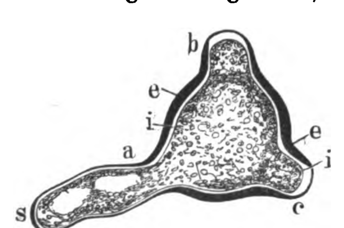


Fig. 217. Pollenkorn von Epilobium (sehr stark vergr.), *s* einen Pollenschlauch treibend; *e* Exine, *i* Intine, *a*, *b*, *c* die drei für den Austritt der Pollenschläuche bestimmten, verdünnten Stellen der Exine. Es ist nur ein Pollenschlauch *s* bei *a* entwickelt.

Das **Gynäceum** ist immer das Schlussgebilde der Blüte, welches den Scheitel der Blütenachse einnimmt. Die Fruchtblätter (Karpelle) bilden hier bei den Angiospermen ein geschlossenes Gehäuse, Fruchtknoten (Germen) genannt, welches die Samenanlagen einschließt. Enthält eine Blüte mehrere Fruchtblätter, von denen sich jedes einzelne für sich mit seinen beiden Rändern schließt, so heißt das Gynäceum apokarp; die Blüte enthält dann also auch mehrere Fruchtknoten (Fig. 218 *A*), z. B.

Ranunculus, Butomus. Verwachsen aber sämtliche Fruchtblätter einer Blüte zu einem einzigen Fruchtknoten (Fig. 218 *C*), so heißt das Gynäceum synkarp (z. B. Mohn, Lilie). Übergänge zwischen diesen beiden Fällen kommen insofern vor, als ein synkarper Fruchtknoten an seinem oberen Ende sich in mehrere, der Anzahl der Fruchtblätter entsprechend, teilen kann (Fig. 218 *D*).

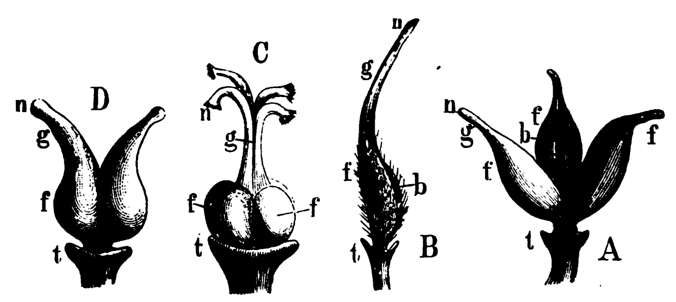


Fig. 218. *A* Gynäceum von Aconitum, *B* von Melilotus, mit einem einzigen Fruchtblatt, *C* von Rhamnus mit vier zu einem einzigen Fruchtknoten verwachsenen Fruchtblättern. *D* Fruchtknoten von Saxifraga aus zwei Fruchtblättern gebildet, die nach oben auseinander weichen. *t* Blütenachse, *f* Fruchtknoten, *g* Griffel, *n* Narbe, *b* Bauchnaht.

Der Fruchtknoten heißt monomer, wenn er nur von einem einzigen Karpell gebildet wird (Fig. 218 *B*, 219 *A*), dessen Ränder an der der Mittelrippe gegenüberliegenden Seite miteinander verwachsen. Die Seite, an welcher die Mittelrippe verläuft, heißt Rücken (Fig. 219 *A*, *r*), die entgegengesetzte Bauchnaht (*b*). Die hierdurch von dem Karpell umschlossene Höhlung ist gewöhnlich nicht durch Scheidewände unterbrochen, sondern einfächerig (z. B. Wicke); nur selten treten durch Wucherungen der Innenseite falsche Scheidewände auf.

Treten dagegen zur Bildung eines Fruchtknotens mehrere Karpelle zusammen, so entsteht ein polymerer (nach der Anzahl der Karpelle di-, tri-, tetramerer etc.) Fruchtknoten. Derselbe ist einfächerig (Fig. 219 *B*),

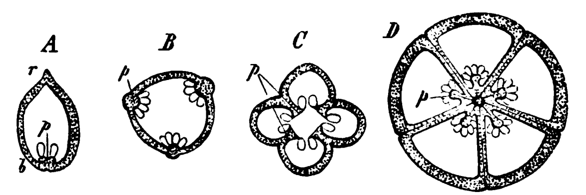


Fig. 219. Schematische Querdurchschnitte von Fruchtknoten; *p* Placenta. *A* monomer einfächerig, *r* Rücken, *b* Bauchnaht; *B* polymer einfächerig, *C* polymer mehrkammerig. *D* polymer mehrfächerig.

wenn die einzelnen Karpelle mit ihren Rändern einfach aneinander wachsen, ohne dass dieselben nach innen vorspringen. Wachsen diese aber als Längsleisten in die Höhlung hinein, so wird der Fruchtknoten mehrkammerig (Fig. 219 *C*), z. B. Mohn; die Kammern sind in der Mitte gegeneinander geöffnet. Mehrfächerig (Fig. 219 *D*) wird er dadurch, dass die hineinwachsenden Ränder sich in der Mitte berühren, ja selbst sich wieder

zurück nach außen biegen; hierdurch werden die einzelnen Fächer vollständig voneinander getrennt; es kommen jedoch Fälle vor, wo die Ränder der Karpelle an den oberen Teilen nicht so weit hineinwachsen, sondern dort die beiden Ränder jedes einzelnen Karpells sich aneinander schließen, so dass der Fruchtknoten unten mehrfächerig polymer ist, oben aber in eine Anzahl einzelner monomerer Fruchtknoten auseinandergeht (z. B. Saxifraga).

Auch in polymeren Fruchtknoten können durch Wucherung von der Fläche der Karpelle falsche Scheidewände entstehen; so ist der Fruchtknoten der Borraginaceen und Labiaten ursprünglich zweifächerig; jedes Fach wird aber durch je eine falsche Scheidewand in zwei Klausen geteilt; bei der Fruchtreife trennen sich diese vier Partien vollständig von einander.

Wenn die Achse, wie gewöhnlich, gleichmäßig fortwächst, so ist das Gynäceum als das deren Scheitel nächste Gebilde auch der oberste Teil der Blüte; es steht oberhalb der Insertion der Blütenhülle und der Staubblätter

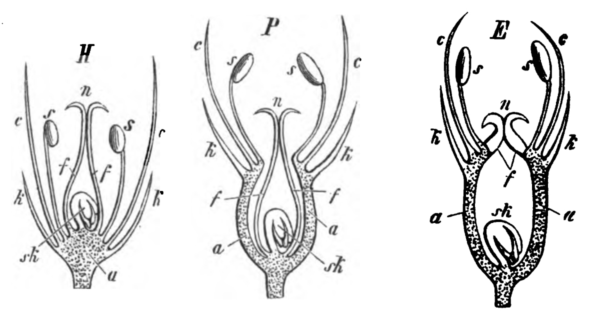


Fig. 220. Schematische Darstellung der hypogynen *H*, perigynen *P* und epigynen *E* Blüte; es bedeutet überall *a* Achse, *k* Kelch, *c* Krone, *s* Staubblätter, *f* Fruchtblätter, *n* Narbe, *sk* Samenanlage.

(Fig. 220 *H*); der Fruchtknoten heißt dann oberständig, die Blüte hypogyn (z. B. Ranunculus, Lilie, Primula). In einer großen Anzahl von Blüten aber erhebt sich die Achse mit den Insertionen der Blütenhülle und des Andröceums in Form eines ringförmigen Walles (Fig. 220 *P* und *E*, *a*), während der Scheitel in der Tiefe zurückbleibt. Je nach dem Verhalten der Fruchtblätter sind wieder zwei Fälle zu unterscheiden. Entweder die Fruchtblätter bleiben von diesem Vorgang unberührt und stehen, einen oder mehrere Fruchtknoten bildend, nächst dem Scheitel der Blütenachse, somit am Grunde der Höhlung, werden nur rings von dem Ringwall umgeben (Fig. 220 *P*), welcher unrichtiger Weise als Kelchröhre, besser als Achsencupula bezeichnet wird: perigyne Blüten, z. B. Rose, Kirsche; oder aber die Fruchtblätter gliedern sich aus der Achse nicht aus, sondern treten nur als oberer Abschluss der Höhlung (bei Mehrfächerigkeit auch als Scheidewände) in die äußere Erscheinung (Fig. 220 *E*, *f*): epigyne Blüten, unterständiger Fruchtknoten, z. B. Apfel, Kürbis, Doldengewächse. Erreicht der ausgegliederte Teil der Fruchtblätter mächtigere Entwickelung,

so heißt der Fruchtknoten halbunterständig. Zwischen diesen Hauptformen giebt es mannigfache Übergänge.

Der Griffel (Stylus) (Fig. 218 und 221 *g*) ist die schmälere Verlängerung der Karpelle nach oben; monomere Fruchtknoten tragen nur einen Griffel, polymere soviel als Karpelle vorhanden sind, die aber sowohl miteinander zu einem verwachsen und bisweilen oben frei, als auch ganz frei, selbst jeder einzelne wieder verzweigt sein können. Der Griffel steht ursprünglich auf der Spitze des Fruchtknotens; manchmal wird er durch stärkeres Wachstum des Fruchtblattes auf der Rückenseite, an dessen Innenseite verschoben, am stärksten bei den Borraginaceen und Labiaten, wo er als Verlängerung der Blütenachse erscheint und von den vier nach oben abgerundeten Teilen des Fruchtknotens umgeben wird. Bisweilen bleibt der Griffel sehr kurz und erscheint dann nur als Einschnürung zwischen Fruchtknoten und Narbe (z. B. Mohn). Selten ist er innen hohl, dagegen meistens von einem lockeren Gewebe durchzogen, durch das die Pollenschläuche leicht hindurchwachsen können.

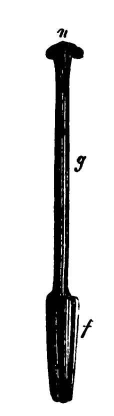


Fig. 221. Gynäceum der Lilie; *f* Fruchtknoten; *g* Griffel; *n* Narbe (nat. Gr.).

Die Narbe (Stigma) (Fig. 218 und 221 *n*) ist das oberste Ende des Fruchtblattes, ausgezeichnet durch die Bekleidung mit Papillen und die Ausscheidung klebriger Flüssigkeit, welche die darauf gelangten Pollenkörner festhält und zum Austreiben der Pollenschläuche veranlasst. Oft ist die Narbe als lappige Ausbreitung vom Griffel scharf geschieden; bisweilen macht sie sich bloß als papillöser Teil des Griffels, sei es an dessen Ende oder Seite bemerkbar. Bei Papaver u. a. sitzt sie als scheibenförmige Ausbreitung auf dem Fruchtknoten; seltener (Pleurogyne) läuft sie in Form papillöser Streifen auf dem Fruchtknoten selbst herab.

Die Samenanlagen sind immer in die Höhlung des Fruchtknotens eingeschlossen, bald nur eine, bald in geringerer oder größerer Anzahl. Sie sind meistens sehr deutlich Anhangsgebilde der Fruchtblätter (Fig. 222 *A*, *B*, *C*, *E*), in manchen Fällen aber auch scheinbar auf der Blütenachse entsprungen. Durch vergleichende Betrachtung ergiebt sich jedoch, dass auch diese (die achsenbürtigen Samenanlagen) ursprünglich als Teile der Fruchtblätter zu deuten sind und ihre Stellung an der Achse nur mehr oder minder weitgehenden Verschiebungen, sowie Verwachsungen der Fruchtblätter mit der Achse zu verdanken haben. Der Teil, welcher die Samenanlagen trägt, heißt Placenta (Fig. 219 *p*, 222 *q*).

Die Samenanlagen sind meistens randständig, d. h. die Placenta nimmt einen Teil oder den ganzen Längsrand des einzelnen Karpells ein und trägt eine Samenanlage oder eine (selten mehrere) Längsreihen (Fig. 219 *p*, 222 *A q*, *E*). In polymeren Fruchtknoten erfahren die verwachsenen Ränder häufig eine bedeutende Verdickung (Fig. 222 *B*, *q*). Seltener sind die Samenanlagen flächenständig, d. h. sie entspringen aus der ganzen

Innenfläche der Karpelle, wobei gewöhnlich der Mittelnerv frei bleibt (Fig. 222 *C*).

Die sog. achsenbürtigen Samenanlagen entspringen bald einzeln am Grunde der Fruchtknotenhöhle (Fig. 220, 222 *D* u. *F*), bald auf einem besonderen Träger, einer in die Fruchtknotenhöhle hineinreichenden, freien Placenta (freie Centralplacenta), wie z. B. bei den Primulaceen, (Fig. 222 *G*).

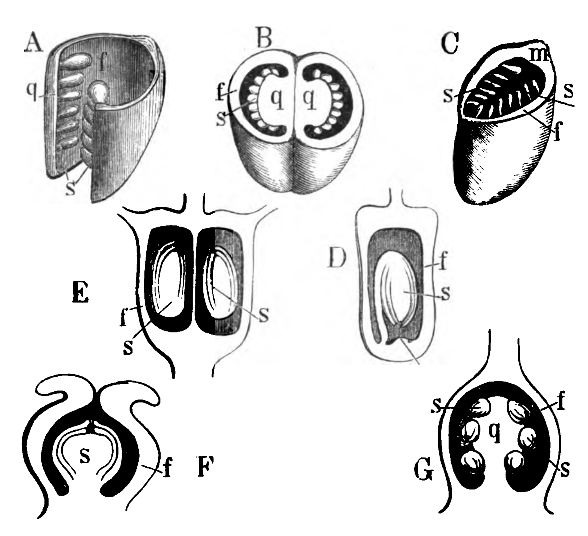


Fig. 222. Samenanlagen in verschiedener Stellung, schematisiert. *A* Karpell von Helleborus längs der Bauchnaht geöffnet, die Samenanlagen *s* an der randständigen Placenta *q*. *B* Fruchtknoten von Nicotiana quer durchschnitten; *f* Fruchtknotenwandung; *q* die aus den verwachsenen Karpellrändern gebildete mächtige Placenta. *C* Fruchtknoten von Butomus quer durchschnitten. Die Samenanlagen *s* stehen an der ganzen Innenfläche des Karpells mit Ausnahme des Mittelnerven *m*. *D* Fruchtknoten einer Composite längs durchschnitten, *f* dessen Wandung; die Samenanlage *s* entspringt im Grunde des Fachs. *E* Fruchtknoten einer Umbellifere längs durchschnitten, in jedem Fach eine hängende Samenanlage *s* im oberen Winkel. *F* Fruchtknoten von Rheum längs durchschnitten; eine einzige Samenanlage *s* steht im Grunde des Fachs. *G* Fruchtknoten einer Primulacee im Längsschnitt, die Samenanlagen *s* stehen auf einer freien Centralplacenta.

Die Form der Samenanlagen ist mannigfaltiger, als bei den Gymnospermen. Zunächst tritt in der Regel ein deutlicher Stiel, Funiculus, Nabelstrang, hervor, mit welchem sie befestigt ist (Fig. 223 *f*); ferner sind vorherrschend (Monocotyledonen, die meisten Archichlamydeen) zwei Integumente vorhanden, ein äußeres (Fig. 223 *ai*) und ein inneres (Fig. 223 *ii*). Der Grund des Nucellus wird als Chalaza bezeichnet. Nach der gegenseitigen Lage und Gestalt von Funiculus, Integumenten und Nucellus unterscheidet man:

1. orthotrope (gerade, atrope) Samenanlagen (Fig. 223 *A*), wenn der Nucellus gerade in der Verlängerung des meist kurzen Funiculus, somit die Mikropyle der Anheftungsstelle der Samenanlage gerade gegenüberliegt;

2. anatrope (umgewendete) Samenanlagen (Fig. 223 *B*), wenn der Nucellus samt den Integumenten von seiner Basis an umgewendet und das

Integument mit dem Funiculus der Länge nach an der sog. Naht (Rhaphe, Fig. 223 *B*, *r*) verwachsen ist. Die Mikropyle liegt hier nahe an der Anheftungsstelle der Samenanlage;

3. kampylotrope (gekrümmte) Samenanlagen (Fig. 223 *C*), wenn der Nucellus samt den Integumenten selbst gekrümmt ist.

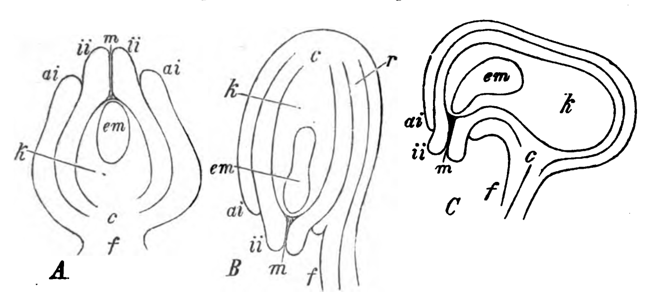


Fig. 223. Samenanlagen, schematisch. *A* orthotrop, *B* anatrop, *C* kampylotrop; *f* Funiculus; *ai* äußeres, *ii* inneres Integument, *m* Mikropyle, *k* Kerngewebe, *em* Embryosack, *r* Rhaphe, *c* Chalaza.

Von diesen drei Formen ist die anatrope die häufigste; außerdem ist noch die Richtung zu beachten; die Samenanlage kann aufrecht (Fig. 222, *D*, *F*), hängend (Fig. 222 *E*), wagerecht (Fig. 222 *A*) oder schräg aufrecht (aufsteigend) sein. Für die anatropen und kampylotropen Samenanlagen ist noch zu unterscheiden, ob die Rhaphe in Bezug auf das Karpell dorsal oder ventral verläuft, d. h. ob die Rhaphe der Rückennaht oder der Placenta zugekehrt ist.

Die Nektarien sind drüsige Sekretionsorgane, welche einen riechenden oder schmeckenden, meist süßen Saft ausscheiden, der von den Insekten aufgesucht wird. Sie sind kein besonderer Teil der Blüte, sondern bilden sich an den übrigen Blattgebilden oder der Blütenachse: so an den Perigonblättern von Fritillaria, den Staubblättern von Rheum, an Staminodien bei Gesneraceen, den meisten Ranunculaceen, als fleischige Polster auf den Fruchtblättern bei den Umbelliferen, als schizogene Behälter in den Scheidewänden des gefächerten Fruchtknotens der Liliifloren (Septaldrüsen), als Wucherung der Blütenachse nächst den Karpellen bei Rutaceen. Derartige Wucherungen der Blütenachse, welche oft einen ringförmigen Wall oder ein Polster bilden, werden als Diskus bezeichnet.

Stellungsverhältnisse und Zahl der Blütenteile. Die Blattgebilde der Blüte sind häufig ebenso, wie es in der vegetativen Region die Regel ist, spiralig angeordnet, und zwar am häufigsten nach der Divergenz $^2/_5$; doch kommen besonders im Andröceum, wo zahlreiche schmale Blattgebilde an einer breiten Achse inseriert sind, auch höhere Divergenzen vor. In den spiraligen oder acyklischen Blüten (Calycanthus) findet man entweder keine scharfe Grenze zwischen den einzelnen Formationen: Kelch-, Kronen- und Staubblätter sind durch Zwischenformen ganz allmählich mit einander verbunden (z. B. Nymphaea), oder die Formationen sind scharf voneinander

getrennt, indem jede Formation einen oder mehrere ganze Cyklen einnimmt; in letzterem Falle sind, wenn die Divergenz konstant bleibt, die Blätter der aufeinander folgenden Cyklen einander superponiert.

Bei den Ranunculaceen, Magnoliaceen u. a. finden sich hemicyklische Blüten, wobei die Blätter der Blütenhülle meist in Quirlen angeordnet sind, die Geschlechtsblätter hingegen eine fortlaufende Spirale bilden. Diese Blüten bilden den Übergang zu den cyklischen Blüten, in welchen sämtliche Blätter in Kreisen oder Cyklen stehen. Die Glieder der unmittelbar aufeinander folgenden Cyklen alternieren gewöhnlich miteinander. Wo die Blütenhülle in Kelch und Krone gesondert ist und zwei gleichzählige Staubblattkreise vorhanden sind, heißt der dem Kelch superponierte Kreis episepal, der der Krone superponierte epipetal.

Solche cyklische Blüten, welche aus lauter gleichzähligen, alternierenden Quirlen bestehen, werden eucyklisch genannt; die Anzahl der Quirlglieder wird durch die Ausdrücke di-, tri-, tetra-, pentamer u. s. w. angegeben; gleichzählige Quirle heißen isomer, ungleichzählige heteromer. Die Heteromerie kann beruhen auf einer größeren Gliederzahl eines Cyklus (Pleiomerie) oder einer Minderzahl der Glieder (Oligomerie). Viele Gynäceen sind oligomer.

In vielen Fällen (Viola) besitzt die Blüte nur einen Staminal-(Staubblatt-)kreis, ein haplostemones Andröceum; doch kommen gar nicht selten zwei Kreise auf das Andröceum, dessen äußerer (bei heterochlamydeischer Blütenhülle) episepal, dessen innerer epipetal steht. Ein solches Verhalten heißt diplostemon. Bisweilen ist der Unterschied der Insertion nur gering, bei den Leguminosen völlig verschwunden; in den extremsten Fällen, den obdiplostemonen Blüten, steht der äußere Staminalkreis dann epipetal.

Die ursprünglichen Stellungsverhältnisse in der Blüte werden vielfach modificiert 1) durch Verwachsung einzelner Glieder untereinander, 2) durch Abort oder Unterdrückung und 3) durch Verdopplung oder Dédoublement. Unter Abort versteht man eine Reihe von Erscheinungen, die mit der rudimentären Ausbildung eines Organs beginnt und mit dem völligen Schwinden desselben endet, unter Dédoublement dagegen das Auftreten zweier Glieder an der Stelle, wo normal nur ein einziges in die Erscheinung treten sollte; es kommt dies zu stande teils durch frühzeitige Verzweigung eines Gliedes, teils auch dadurch, dass zur Ausfüllung des Raumes statt eines Gliedes, das man erwarten sollte, deren zwei auftreten.

Man drückt die Stellungsverhältnisse ähnlich, wie wir oben (S. 7) bei der Stellung seitlicher Glieder im allgemeinen gesehen haben, am anschaulichsten in Diagrammen aus, in denen der Kelch zu äußerst, das Gynäceum als das oberste Gebilde (auch bei epigynen Blüten) zu innerst aufgetragen wird, und die einzelnen Formationen durch Zeichen kenntlich gemacht werden, die an ihre Form erinnern; so zeichnet man an den Kelchblättern die Mittelrippe, an den Staubblättern die Antherenhälften (Fig. 224).

Verzeichnet man im Diagramm die Verhältnisse, wie man sie an der Blüte findet, so erhält man das empirische Diagramm; zieht man jedoch entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen und Vergleiche mit verwandten Pflanzen herbei, so findet man eine gewisse Übereinstimmung im Bau der Blüten. Die Verschiedenheiten beruhen, abgesehen von der verschiedenen Form der Teile, in dem Fehlen

eines oder des anderen Kreises, oder eines oder des anderen Blattes, seltener auch in der Vermehrung der Kreise und Glieder. Bezeichnet man die fehlenden (nicht sichtbaren, sondern durch Studium ergänzten) Glieder durch Kreuzchen oder Punkte, so wird das Diagramm dem einer anderen Blüte ganz ähnlich, und man erhält so ein theoretisches Diagramm (Fig. 224); hierdurch kommt man zur Aufstellung von Typen, welche einer großen Anzahl von Blüten gemeinsam sind.

Im Diagramm kommen nicht nur die Zahlen- und Stellungsverhältnisse der Blätter einer Blüte zur Darstellung, sondern auch die Deckungsverhältnisse der Glieder eines Quirls; in Bezug hierauf gelten die schon früher (S. 25) erörterten Begriffe. Hier sei nur noch der aufsteigenden und absteigenden Knospendeckung gedacht: absteigend heißt sie, wenn das oder die hinteren (s. unten) Blätter eines Cyklus mit beiden Rändern decken, das oder die vorderen (s. unten) an beiden Rändern bedeckt sind (Viola); im entgegengesetzten Falle heißt die Deckung aufsteigend.

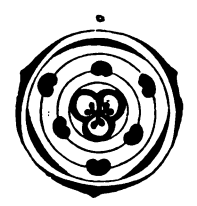
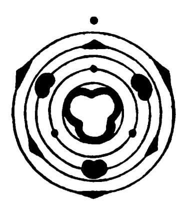



Fig. 224. Diagramm der Blüte von Lilium (links) und Scirpus (rechts), das letztere theoretisch.

Schließlich ist auch die Stellung der Blütenteile zu den vorausgehenden Blattgebilden zu berücksichtigen; es geschieht dies am leichtesten bei seitlichen Blüten, d. h. solchen, deren Achse außer den eigentlichen Blattgebilden der Blüte und den Vorblättern keine anderen Blattgebilde trägt; deren Blütenstiel entspringt in der Achsel eines Deckblattes oder Tragblattes. Eine Ebene, welche durch die Blüte so gelegt wird, dass sie die Abstammungsachse und die Mittellinie des Deckblattes in sich aufnimmt, heißt die Mediane der Blüte; die dazu rechtwinklige, die Blüte halbierende ist die Transversale, eine zwischen diesen verlaufende die Diagonale. Diese Ausdrücke gelten auch, um die Stellung von Blütenteilen zu bezeichnen, so sagt man von der Cruciferenblüte, der äußere Kelchquirl steht median, die Fruchtblätter transversal, die Krone diagonal; die Richtung gegen die Abstammungsachse wird als hinten, die gegen das Deckblatt als vorn bezeichnet.

Viele Blüten haben nur ein Vorblatt (die meisten Monokotyledonen); steht dieses dem Deckblatt gegenüber, also hinter der Blüte, so fällt ein Blatt des dreizähligen Kelches (und zwar bei spiraligem Bau das erste) nach vorn. Sind zwei seitliche Vorblätter (gewöhnlich mit α und β bezeichnet) vorhanden, wie bei den meisten Dikotyledonen, so stehen zweizählige Quirle des Kelches damit gekreuzt, bei dreizähligem und fünfzähligem Kelch (sowohl quirlig als spiralig gebautem) fällt meistens ein Kelchblatt median nach hinten.

Die Zahlen- und Stellungsverhältnisse der Blütenteile lassen sich außer durch Diagramme auch durch Formeln ausdrücken, in denen ähnlich wie bei den Diagrammen der Übersichtlichkeit halber die Eigentümlichkeiten der Ausbildung größtenteils unberücksichtigt bleiben. So entspricht z. B. dem Diagramm Fig. 224 links die Formel: $P3+3\ A3+3\ G\underline{(3)}$, wodurch gesagt ist, dass das Perigon (P) sowie das Andröceum (A) aus zwei, das Gynäceum (G) aus einem dreigliedrigen Kreise bestehen, welche sämtlich miteinander alternieren. Superponierte Kreise werden durch

einen dazwischengestellten Strich | kenntlich gemacht. Sind die Zahlenverhältnisse der einzelnen Kreise variabel, so wird statt der Zahl *n* gesetzt. So ist z. B. *Pn* + *n*, *An* + *n*, *Gn* die theoretische Formel für die meisten Monokotylen. Das Fehlen der Kreise wird durch die Ziffer 0 ausgedrückt, das einzelner Glieder durch die Anzahl der wirklich vorhandenen angedeutet. So ist z. B. die Formel der Blüte von Scirpus (Fig. 224) folgende: *P*3 + 3, *A*3 + 0, *G*$\underline{(3)}$. Durch die Klammer (in den hier bereits erwähnten Formeln bei *G*) wird angedeutet, dass die betreffenden Blattgebilde (hier die Fruchtblätter) miteinander verwachsen sind. Ober- und unterständiger Fruchtknoten wird durch einen Strich unter oder über der betreffenden Zahl bezeichnet; Verdoppelung durch den Exponenten 2. Ist die Blütenhülle heterochlamydeisch, so wird der Kelch mit *K*, die Krone mit *C* bezeichnet. Unregelmäßige Blüten erhalten einen ↑ vor der Formel.

Die Symmetrie der Blüte. Es giebt zahlreiche Blüten (Lilium), in denen die Glieder eines jeden Cyklus untereinander gleich und um das Centrum gleichmäßig verteilt sind. Dies sind die regelmäßigen (aktinomorphen) Blüten, wogegen solche, in denen auch nur ein Glied auch nur eines Cyklus abweichend gebaut ist, als unregelmäßig (zygomorph, Fig. 225) bezeichnet werden.



Fig. 225. Blüte von Heracleum mit unregelmäßiger Krone (vergr.) (nach *Sachs*).

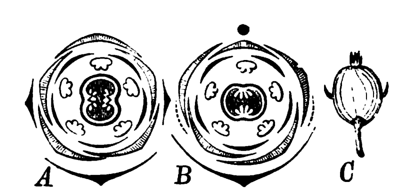


Fig. 226. Diagramme von Ribes: *A* R. sanguineum, *B* R. alpinum, *C* Beere von R. Grossularia mit den beiden gewöhnlich abortierenden, hier ausgebildeten Vorblättern. In *A* sind die Vorblätter entwickelt, in *B* unterdrückt (punktiert gezeichnet). Beide Blüten sind regelmäßig, aber besitzen nur eine Symmetrieebene, die Mediane. (Nach *Eichler*.)

Unabhängig hiervon ist aber die Frage nach der Zahl und Lage der Symmetrieebenen, d. h. solcher Schnitte, durch welche die Blüte in zwei spiegelbildlich gleiche (symmetrische) Hälften geteilt werden kann. Nicht alle regelmäßigen Blüten besitzen zahlreiche Symmetrieebenen, sondern nur die cyklisch gebauten Blüten mit isomeren Cyklen, wie z. B. Lilium (Fig. 224 links). Die regelmäßigen, acyklischen Blüten können natürlich der spiraligen Anordnung der Glieder zufolge im Grunde genommen keine Symmetrieebene besitzen. Die cyklischen Blüten mit heteromeren Cyklen weisen meist nur eine Symmetrieebene auf (Fig. 226). Die unregelmäßigen Blüten besitzen nur eine Symmetrieebene, selten keine, wie z. B. Valeriana.

Wenn nur eine Symmetrieebene vorhanden ist, so fällt sie meist mit der Mediane zusammen, selten mit der Transversale (Anigosanthus); bisweilen (Solanaceae) liegt sie diagonal.

Pelorien heißen solche regelmäßige Blüten, welche sich an Pflanzen, deren Blüten normal unregelmäßig ausgebildet sind, abnormer Weise vorfinden, besonders häufig am Ende von Infloresccenzsachsen, deren Seitenblüten unregelmäßig sind.

Die Entwickelung der Blüte. Die Blüte entwickelt ihre Organe im allgemeinen in akropetaler (progressiver) Folge, doch nicht ausnahmslos; ihre Blätter entstehen sämtlich exogen. Die einzelnen Cyklen bilden sich bald succedan (vgl. Fig. 14 S. 13), bald simultan. Die Blätter der Blütenhülle als Schutzorgan erfahren in ihrem Wachstum eine Förderung gegenüber den folgenden Cyklen, doch trifft dies nur für Perigon- und Kelchblätter zu, während die Blumenblätter, deren biologische Aufgabe in der Wirkung eines Schauapparates (vergl. unten) beruht, vielfach in ihrer Entwickelung sogar hinter den Staub- und Fruchtblättern auffallend zurückbleiben (vergl. Fig. 14 S. 13). Die Achse der Blüte stellt sehr frühzeitig ihr Wachstum ein; perigyne Insertion entsteht durch ein gefördertes Wachstum einer peripherischen Zone gegenüber den zentralen Teilen. Unregelmäßige Blüten sind entweder schon der Anlage nach unregelmäßig (Leguminosen, Reseda u. a.), oder der Anlage nach regelmäßig und werden erst im Laufe der weiteren Entwickelung unregelmäßig (Cleome, Oenothera u. a.) — Wegen Verwachsungen in der Blüte vergl. S. 13.

Die Bestäubung. Zur Einleitung der Befruchtung muss, wie bereits erwähnt, der Pollen auf die Narbe gelangen; bei einer geringen Anzahl von hermaphroditen Blüten und zwar bei kleinen, unscheinbaren, gelangt der Pollen aus den Antheren der gleichen Blüte auf die Narbe durch sehr einfache Mittel, indem der Pollen bald auf die tiefer stehende Narbe herabfällt, bald durch benachbarte Stellung der beiden Organe beim Öffnen der Anthere in unmittelbare Berührung mit der Narbe gelangt. In diesen Fällen übt der Pollen der eigenen Blüte vollkommen befruchtende Wirkung aus. Bei eingeschlechtlichen Blüten ist es selbstverständlich, dass der Pollen aus fremden Blüten auf die Narbe kommen muss; es ist aber eine große Anzahl von Pflanzen mit hermaphroditen Blüten bekannt, in welchen gewöhnlich eine Übertragung des Pollens aus anderen Blüten, Fremdbestäubung, stattfindet. Hier wird der Pollen übertragen:

1. durch den Wind (anemophile Pflanzen). Die Blüten sind unscheinbar, klein, entwickeln große Mengen von Pollen, besitzen lange oder verbreiterte Narben, scheiden aber keinen Honig ab (Gramineae, viele Urticaceae u. a.);

2. durch das Wasser (hydrophile Pflanzen). Nur bei einigen Potamogetonaceae und vielleicht auch Najas erfolgt die Bestäubung im Wasser. Der Pollen besitzt das spezifische Gewicht des Wassers, und die einzelnen Pollenkörner wachsen schon in der Anthere zu Schläuchen aus (confervoider Pollen); die Narben sind lang oder bandartig. — Die meisten Wasserpflanzen sind jedoch entweder anemophil oder gehören zur Gruppe 3;

3. durch Tiere. Dies sind seltener Schnecken oder kleine Vögel (Kolibri, Honigvögel), allermeist Insekten (entomophile Pflanzen). Ihre Blüten sind groß und lebhaft gefärbt (»Schauapparate«), entwickeln Geruch und

secernieren reichlich Honig; die Pollenkörner sind klebrig oder mit Warzen, Stacheln u. s. w. versehen. Die Insekten besuchen des Honigs halber die Blumen oder um Pollen als Nahrung für sich zu sammeln, und besorgen dabei die Übertragung des Pollens.

In einigen dieser Fälle ist es konstatiert, dass nur der Pollen fremder Blüten befruchtende Wirkung ausübt, dass der eigene Pollen der Blüte unfruchtbar (selbststerile Pflanzen, Corydalis cava), folglich Fremdbestäubung notwendig ist; in anderen Fällen ist der eigene Pollen zwar nicht unfruchtbar, aber doch in geringerem Grade befruchtungsfähig als der fremde; hier ist also Fremdbestäubung vorteilhaft; in noch anderen Fällen endlich ist die befruchtende Wirkung des eigenen Pollens ebenso groß, als die des fremden, und es liegt hier also der Vorteil der Fremdbestäubung offenbar nur in der kräftigeren Nachkommenschaft, welche durch die Vermischung verschiedener Individuen entsteht.

In solchen Blüten, für welche Fremdbestäubung notwendig oder nützlich ist, finden sich nun Einrichtungen der mannigfaltigsten Art, einerseits um die Selbstbestäubung zu verhindern oder zu beschränken, andererseits um die Fremdbestäubung zu ermöglichen; endlich auch, um im Falle des Ausbleibens der Fremdbestäubung schließlich noch Selbstbestäubung zu bewirken; letzteres natürlich nur da, wo der eigene Pollen befruchtungsfähig ist. Es leuchtet ja ein, dass eine, wenn auch nicht sehr ausgiebige Befruchtung mit eigenem Pollen immer noch nützlicher ist, als gar keine.

Hieran reihen sich die kleistogamen Blüten mancher Viola-, Vicia-, Lamium-Arten u. s. w. an, welche sich überhaupt nicht öffnen und im (geschlossenen) Knospenzustand sich selbst bestäuben. Sie treten neben den gewöhnlichen, an Fremdbestäubung angepassten Blüten an demselben Individuum auf.

Unter den Einrichtungen, welche die Selbstbestäubung verhindern, ist die einfachste die, dass vermöge der gegenseitigen Stellung von Antheren und Narbe der Pollen nicht auf die Narbe der gleichen Blüte von selbst gelangen kann (z. B. Aristolochia, Fig. 228), oder aber in einer Anzahl von Blüten verkümmern die männlichen, in anderen die weiblichen Organe, d. h. sie sind wohl vorhanden, aber nicht funktionsfähig; es ist dies eine Annäherung an Diklinie; drittens ist sehr häufig die Dichogamie, d. h. die Einrichtung, dass beiderlei Organe sich ungleichzeitig entwickeln; die Blüten sind dann entweder protandrisch, d. h. die Staubblätter jeder Blüte entwickeln sich zuerst und haben den Pollen schon entleert, wenn die Narbe der gleichen Blüte fähig wird, Pollen aufzunehmen; oder protogyn, d. h. die Narben entwickeln sich schon, bevor die Antheren der gleichen Blüte den Pollen entlassen; in letzterem Falle ist natürlich Selbstbestäubung nur dann ausgeschlossen, wenn die Narbe während des Verstäubens schon abgewelkt ist; es giebt aber auch protogyne Blüten, in denen die Narbe lange Zeit frisch bleibt, also doch durch eigenen Pollen bestäubt werden kann.

Unter den Einrichtungen, welche die Fremdbestäubung durch Insekten ermöglichen, sind zunächst die Anlockungsmittel der Blüten für die Insek-

ten, als lebhafte Farben, Geruch, reiche Honigabsonderung zu erwähnen; viele Farbenzeichnungen erfüllen die Aufgabe, den Insekten den Zugang zum Honig bemerkbar zu machen. Die Form der Blüten, die Lage des Honigs, die Stellung und Richtung der Staubblätter zu den übrigen Blütenteilen, besonders den Narben, die zeitliche Aufeinanderfolge in der Entwickelung der Blütenteile, alle diese Umstände wirken in den mannigfaltigsten Kombinationen zusammen, um die Fremdbestäubung zu sichern, sowie auch bisweilen, um nur bestimmten Insekten den Zugang zu gestatten. Freilich werden Insekten gelegentlich auch Pollen der eigenen Blüte mit der Narbe in Berührung bringen.

Als einer ziemlich einfachen Erscheinung sei hier besonders der Heterostylie gedacht, welche z. B. bei Primula, Linum, Pulmonaria u. a. vorkommt. Diese Pflanzen haben zweierlei Blüten; in den einen sind die Staubblätter kurz und die Griffel viel länger, so dass die Narbe oberhalb der Antheren steht; in den anderen stehen umgekehrt die Antheren auf langen Staubblättern über der Narbe, und zwar so, dass die Antheren in der einen Blütenform auf derselben Höhe stehen, wie die Narben der anderen (s. Fig. 227). Da nun durch die Lage der Nektarien und die Form der übrigen Blütenteile ein die Blüte besuchendes Insekt genötigt wird, bei jedem Besuche die gleiche Stellung einzunehmen, so streift es mit demselben Körperteil, mit dem es in der ersten Blüte die Antheren berührt und Pollen hinweggenommen hat, in der folgenden die Narbe und legt den an ihm hängen gebliebenen Pollen ab. Versuche mittels künstlicher Übertragung des Pollens haben nun gezeigt, dass dann die ausgiebigste Befruchtung eintritt, wenn die auf gleicher Höhe stehenden Organe zusammenwirken. Das Gleiche gilt von den Pflanzen (z. B. Oxalis, Lythrum), wo Blüten mit drei verschiedenen Längen des Griffels und der beiden Staubblattkreise vorkommen.

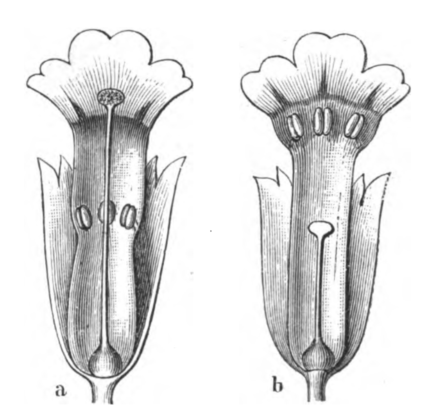


Fig. 227. Blüte von Primula officinalis im Längsschnitt; *a* langgrifflige, *b* kurzgrifflige Form. (Nach *Frank*.)

Als Beispiele komplizierter Einrichtungen zum Zweck der Fremdbestäubung mögen hier Aristolochia und Epipactis beschrieben werden.

Die Blüte von Aristolochia Clematitis (Fig. 228) ist protogyn; die Insekten können durch die Röhre des Perigons (Fig. 228 *r*), welche mit abwärts gekehrten Haaren ausgekleidet ist, ungehindert eintreten und auf der Narbe den mitgebrachten Pollen abstreifen: die Haare der Röhre verwehren ihnen aber den Ausgang. Wenn die Narbe bestäubt ist, schlagen sich deren Lappen (Fig. 228 *A* und *B*, *n*) nach oben und machen so die sich öffnenden Antheren zugänglich; das Tier (Fig. 228 *l*), welches fortwährend Versuche macht, dem Gefängnis zu entkommen, kriecht nach unten, wo sich ihm der ausfallende Pollen anhängt; um diese Zeit schrumpfen die Haare der Röhre und das

Insekt kann, mit Pollen beladen, entweichen, um denselben in eine zweite Blüte zu tragen.

Die eben befruchtungsfähig gewordenen Blüten sind aufrecht, und die Röhre des Perigons ist oben geöffnet, so dass das Insekt ungehindert eintreten kann; nach der Befruchtung aber neigt sich der Stil abwärts und die Röhre wird durch den großen Lappen des Perigons geschlossen, so dass also die Insekten nicht in die Lage kommen, bereits befruchtete Blüten zu besuchen.

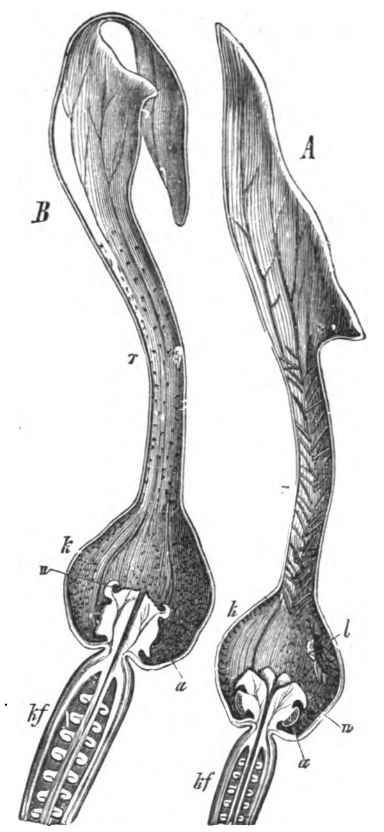


Fig. 228. Blüte von Aristolochia. *A* vor, *B* nach der Befruchtung; *r* Röhre des Perigons, *k* Kessel desselben, *n* Narbe, *a* Antheren, *l* ein Insekt; *kf* Fruchtknoten (nach *Sachs*).

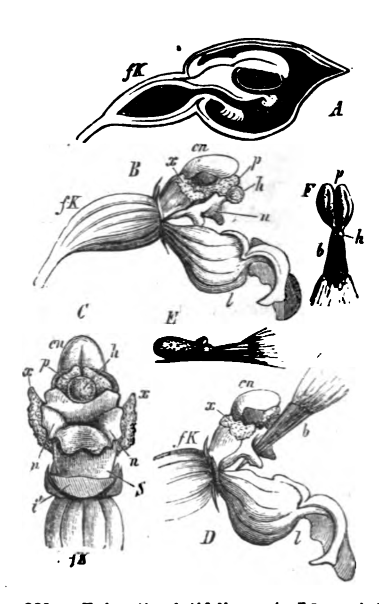


Fig. 229. Epipactis latifolia. *A* Längsschnitt einer Blütenknospe, *B* ganz offene, frische Blüte nach Wegnahme der Perigonteile mit Ausnahme des Labellums *l*, *C* nach Wegnahme aller Perigonteile von vorn gesehen. *fK* Fruchtknoten, *l* Labellum, *n* Narbe, *cn* Konnektiv der Anthere, *p* die beiden Pollenmassen, *h* Rostellum; *xx* die zwei seitlichen Staminodien, *S* Säule. *D* eine Bleistiftspitze *b* nach Art eines Insektenrüssels eingeführt, *E* und *F* dieselbe wieder herausgezogen mit den daran haftenden Pollenmassen *p* und Rostellum *h* (nach *Sachs*).

In der Blüte von Epipactis sitzt die Anthere über der Narbe und entlässt nicht einzelne Pollenkörner, sondern die ganzen Pollensäcke werden bei Berührung eines klebrigen Teils der Narbenfläche (des Rostellums *h*, Fig. 229) samt diesem hinweggenommen. Das Insekt kriecht in die Blüte, um den in der Höhlung des einen Perigonblattes (des Labellums *l*, Fig. 229) abgesonderten Nektar zu holen, und zieht beim Herauskriechen das Rostellum samt den Pollenmassen hinweg, ähnlich wie die Bleistiftspitze *b* in Fig. 229, trägt es mit sich fort und setzt es in der nächsten Blüte an die Narbe ab.

Die Befruchtung. Auf der Narbe angelangt, treiben die Pollenkörner Pollenschläuche, welche durch das Gewebe des Griffels hindurch in die

Fruchtknotenhöhle und durch die Mikropyle je einer Samenanlage bis an deren Nucellus hinwachsen. Die Zeit, welche der Pollenschlauch hierzu braucht, hängt teils von der Länge dieses Weges, teils auch von spezifischen Eigentümlichkeiten der Pflanze ab; so braucht der Pollenschlauch von Crocus, um den etwa 5—10 cm langen Griffel zu durchsetzen, nur einen bis drei Tage, während er bei Orchideen, wo er einen Weg von kaum 2—3 mm zu durchsetzen hat, mehrere Tage, selbst Wochen und Monate braucht; ja hier bilden sich inzwischen erst die Samenanlagen im Fruchtknoten aus.

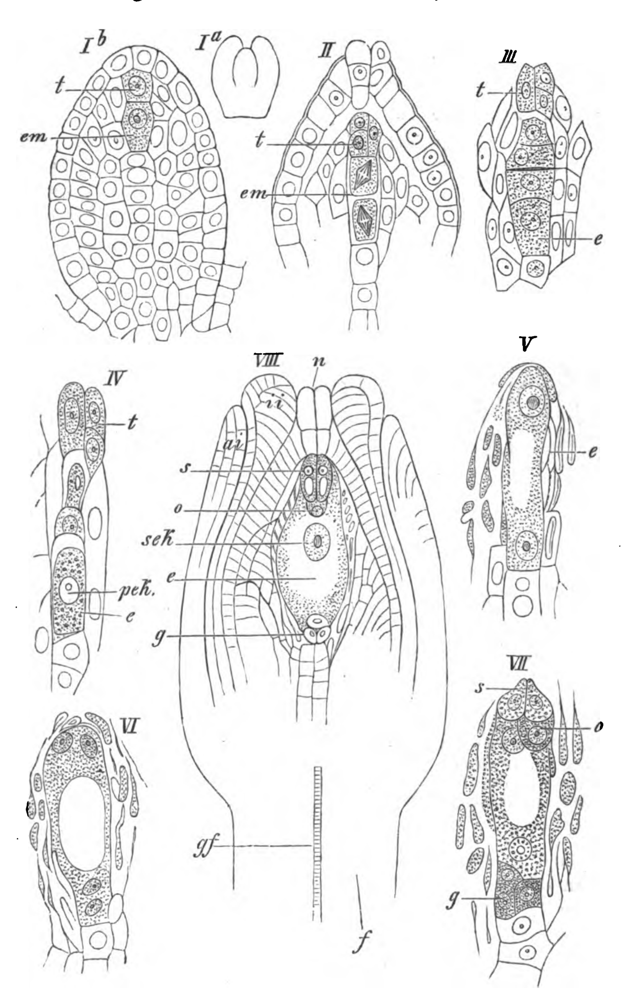


Fig. 230. Entwicklung des Embryosacks von Polygonum divaricatum (*I—VIII*). In *Ib* sind die Integumente noch nicht angelegt; in *VIII* bedeutet *ai* äußeres, *ii* inneres Integument, *gf* Gefäßbündel im Funiculus *f*. (Nach *Strasburger*.)

Der Embryosack der Angiospermen entwickelt sich in etwas anderer Weise, als der Embryosack der Gymnospermen, doch ist auch er entwickelungsgeschichtlich als Makrospore und der Nucellus als Makrosporangium aufzufassen. Eine axile, unter dem Dermatogen gelegene Zelle teilt sich sehr frühzeitig in 2 Hälften (Fig. 230 *I*), von denen die eine zum Archespor (*em*) wird, die andere (*t*) durch sparsame Teilungen zu einem aus wenigen Zellen bestehenden Zellkomplex sich entwickelt. Das Archespor teilt sich durch eine wiederholte Zweiteilung in 4 über einander stehende Zellen (Fig. 230 *II*, *III*), von denen die unterste, die oberen sowie die übrigen Zellen des Nucellus meist verdrängend und resorbierend, zum Embryosack wird (Fig. 230 *IVe*). Durch eine Zweiteilung des primären Kernes (Fig. 230 *IVpek*, *V*) und seiner Des-

cendenten (*VI*) enthält zuletzt der Embryosack 8 Kerne, von denen 3 im oberen Ende und 3 im basalen Teil des Embryosacks (Fig. 230 *VII*, *VIII* sich mit Protoplasma umgeben und nackte Zellen vorstellen. Die 3 oberen nackten Zellen bilden den Eiapparat, bestehen aus der Eizelle (Fig. 230 *VIIIo*) und den beiden Synergiden (*s*), die 3 unteren Zellen sind die Antipoden (Fig. 230 *VIIIg*); der Eiapparat ist als eine rudimentäre Archegoniumbildung, die Antipoden als ein rudimentäres Prothallium anzusehen. Die beiden noch übrig bleibenden Kerne verschmelzen mit einander zu einem (Fig. 230 *VIIIsek*).

Von dieser Entwickelung giebt es Ausnahmen; nicht immer werden die Zellen des Nucellus resorbiert, sondern bleiben erhalten (Fig. 231); ja bisweilen wird der Embryosack durch reiche Teilung der Zelle *t* in Fig. 230 *I*, *II* tief in ein Gewebe versenkt (Mercurialis). Das Archespor erfährt häufig weniger Teilungen (Scilla), kann sich auch direkt zum Embryosack (Tulipa) entwickeln, und endlich wird nicht immer die unterste Zelle der Archesporzellreihe zum Embryosack, sondern die oberste (Ornithogalum).

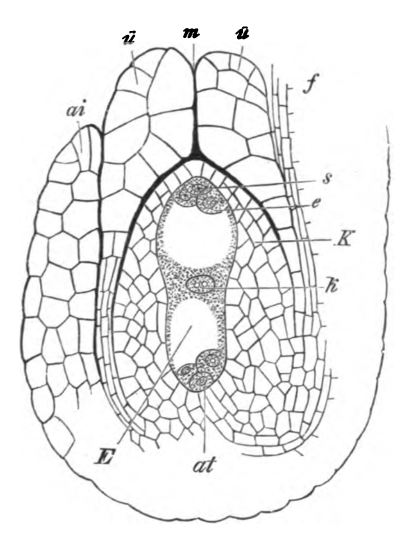


Fig. 231. Längsschnitt durch eine Samenanlage von Lilium bulbiferum (+ 70); *f* Funiculus, *K* Nucellus, *ai* und *ii* Integumente, *m* Mikropyle, *E* Embryosack, *at* Antipoden, *e* Eizelle, *s* Synergiden; *k* sekundärer Kern des Embryosacks.

Durch das Nucellargewebe, falls ein solches den Scheitel des Embryosackes überdeckt, bahnt sich der Pollenschlauch den Weg zu den Synergiden, an denen er festhaftet und durch deren Vermittelung die Eizelle befruchtet wird.

Von diesem Befruchtungsvorgang weichen die Casuarinaceen erheblich ab. Es bilden sich hier in großer Zahl Embryosäcke, von denen mehrere sich basipetal schlauchförmig verlängern und am Grunde des Nucellus das Gewebe lockern; in anderen Embryosäcken entsteht vor der Befruchtung ein Komplex nackter Zellen, der später zu einem Endosperm (s. unten) wird, und eine mit Membran versehene Eizelle. Der Pollenschlauch dringt am Grunde in die Samenanlage ein und wächst in einem »sterilen Embryosack« aufwärts, bis er an der Spitze zu einem fertilen Embryosack gelangt und mit ihm verwächst. — Ähnlich verhält sich auch Betula.

Die durch die Befruchtung im Embryosack angeregte Entwickelung besteht in einer Teilung der Eizelle und der gleichzeitig oder schon früher erfolgenden Bildung von Endosperm im Embryosack durch freie Zellbildung, seltener durch Teilung des Embryosackes. In beiden Fällen aber wird die Bildung des Endosperms durch die Teilung des Kernes desselben eingeleitet.

Während dieser Zeit hat sich auch aus der Eizelle der Embryo entwickelt; er verdrängt entweder das Endosperm und speichert dann die für die ersten Stadien der jungen Pflanze notwendigen Stoffe in seinen Kotyledonen (Leguminosen, Aesculus), oder er erscheint eingebettet in das Endo-

sperm. Erstere Samen heißen **eiweißlos**. Gewöhnlich wird das Nucellargewebe bald resorbiert; bleibt es erhalten, so dient auch dieses Gewebe als **Nährgewebe** und heißt dann **Perisperm** (Piper, Canna u. s. w.). Die wichtigsten Reservestoffe des Nährgewebes sind Stärke, Eiweißstoffe, Cellulose u. a.

Bei der Entwickelung des Embryos aus der Eizelle entsteht ausnahmslos die Wurzel desselben in der Mikropyle zugekehrter Richtung, während die Plumula der Mikropyle abgekehrt erscheint. Wie bei den Gymnospermen entsteht der Embryo an der Spitze einer schlauchartig gestreckten Zellreihe, dem **Embryoträger**, aber stets in der Einzahl. Bei den Dikotyledonen geht der Embryo aus der kugelig anschwellenden Endzelle des Embryoträgers hervor, bei den Monokotyledonen beteiligen sich an dessen Aufbau mehrere Zellen. Sprossscheitel und Kotyledonen bilden sich exogen, dagegen schon die Hauptwurzel endogen.

Von den typischen Zahlenverhältnissen der Kotyledonen giebt es bei den Dikotyledonen Ausnahmen; es treten nicht nur gelegentlich von vielen Pflanzen **trikotyle** Keimpflanzen auf, sondern Persoonia und Psittacanthus besitzen normal mehr als zwei Keimblätter, während Ranunculus Ficaria, Corydalis cava, Carum Bulbocastanum u. a. durch Abort des noch angelegten zweiten Kotyledons »**pseudomonokotyl**« werden. — Im Samen der Parasiten und Saprophyten ist der Embryo wenig gegliedert, ein runder, oft wenig zelliger Körper.

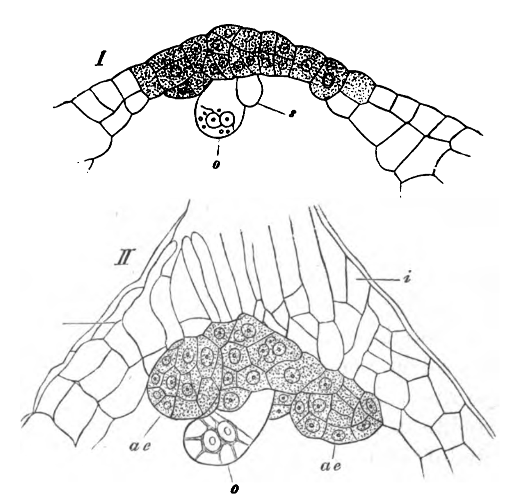


Fig. 232. Bildung der Nucellarembryonen (*ae*) von Hosta coerulea; *o* Eizelle, *s* Synergide, *i* Zellen des Integuments. (Nach *Strasburger*.)

Die bereits S. 130 erwähnten Nucellarembryonen entstehen aus Zellen des Nucellus, nicht aus der Eizelle, welche sogar auch befruchtet werden kann. Zellen, welche den Scheitel des Embryosacks bedecken (Fig. 232 *I*), werden protoplasmareich, schwellen an und teilen sich, immer mehr das Aussehen echter Embryonen annehmend (Fig. 232 *II*). Da oft mehrere Nucellarembryonen in einer Samenanlage entstehen, ergiebt sich hieraus **Polyembryonie**, d. h. das Auftreten mehrerer Embryonen in einem Samen.

Die Frucht. Die Folgen der Befruchtung äußern sich nicht bloß darin, dass die Eizelle zum Embryo und die Samenanlage zum Samen wird, sondern erstrecken sich auf das ganze Gynäceum, bisweilen auch noch auf andere Blütenteile. Als **Frucht** im strengen Sinne bezeichnet man dasjenige, was infolge der Befruchtung aus dem Fruchtknoten wird; es ist sonach die Bildung eines Embryos und Samens in der Regel Bedingung

der Ausbildung einer Frucht; doch giebt es bekanntlich taube Samen ohne Embryonen, ebenso taube Früchte, welche nur taube Samen enthalten. In manchen mehrfächerigen Fruchtknoten wird nur ein Fach weiter ausgebildet, welches allein Samen enthält (z. B. Valeriana, Tilia), die übrigen schlagen fehl.

Die Wandung des Fruchtknotens wird bei der Bildung echter Früchte zur Fruchtschale, Pericarpium; dasselbe lässt häufig drei Gewebeschichten unterscheiden, zu äußerst das Epikarp, in der Mitte das Mesokarp und zu innerst das Endokarp.

Enthält die Blüte ein apokarpes Gynäceum, so wird, bei vollständig erfolgender Befruchtung, jeder Fruchtknoten zu einer Frucht; es gehen sonach mehrere Einzelfrüchte aus einer Blüte hervor; es ist aber zweckmäßig, die aus einem Gynäceum hervorgehenden Früchte zusammenzufassen unter dem Begriff Sammelfrucht; eine solche ist z. B. die Himbeere, wo die einzelnen Fruchtknoten fleischig werden, der Sternanis (Fig. 233); die einzelnen Früchte können sich in verschiedener Weise ausbilden, wie dies unten für die echten Früchte überhaupt gezeigt werden soll.

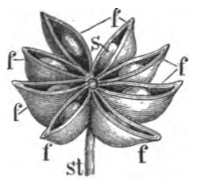


Fig. 233. Sammelfrucht von Illicium verum (Sternanis), *st* Blütenstiel, *ff* die einzelnen Früchte mit je einem Samen *s*, zusammen eine Sammelfrucht bildend.

Vorher ist aber noch darauf aufmerksam zu machen, dass sich an der Bildung des nach der Befruchtung sich entwickelnden, die Samen einschließenden Organs auch noch andere Blütenteile beteiligen können; so kommen die sog. Scheinfrüchte*) zu stande. Eine solche Scheinfrucht ist z. B. die Erdbeere, an welcher der Blütenboden, also die Achse fleischig wird, heranwächst, und die einzelnen einfächerigen Früchte in Form harter Körnchen einschließt. Die Hagebutte (Rosa) ist eine Scheinfrucht, hervorgegangen aus einer fleischigen Achsencupula, welche eine Sammelfrucht einschließt. Ein Beispiel einer anderen Scheinfrucht ist die Feige, ein fleischiger Blütenstand, d. h. eine Achse, welche zahlreiche einzelne Blüten trägt; diese sitzen in der Höhlung der Feige und die einzelnen Früchte erscheinen als harte Körnchen. In anderen Fällen beteiligt sich an der Bildung einer Scheinfrucht eine aus Blättern gebildete Hülle, welche erst nach der Befruchtung heranwächst, u. a. m.

Bei der Einteilung der verschiedenen Fruchtformen ist sowohl auf den Bau des Fruchtknotens, die Veränderungen desselben bis zur Fruchtreife, sowie darauf Rücksicht zu nehmen, ob aus der Frucht nur die Samen entleert werden, oder ob die Frucht als Ganzes oder teilweise sich von der Mutterpflanze loslöst und die Samen umschließt. Sonach erhalten wir folgende Übersicht:

*) Nach der obigen Definition scheint es nicht nötig, die aus unterständigen Fruchtknoten entstehenden Früchte den Scheinfrüchten zuzurechnen, da die Beteiligung der Achse hier schon im Fruchtknoten besteht.

A. Die Samen werden aus der Frucht frei, besitzen eine stark entwickelte Samenschale (als Schutz gegen äußere schädliche Einflüsse).

I. Springfrüchte. Die mit herannahender Reife vertrocknende oder wenigstens an Saftgehalt nicht zunehmende Fruchtwandung springt auf und entlässt die Samen: das Aufspringen erfolgt meistens

a) der Länge nach; nach der näheren Modalität des Aufspringens und dem Bau des Fruchtknotens unterscheidet man:

α) aus einem Karpell bestehend

1. die Balgfrucht (Folliculus) längs der Bauchnaht aufspringend und dort auch die Samen tragend, z. B. die Einzelfrüchte von Spiraea, Aconitum, Illicium (Fig. 233 *f*);

2. die Hülse (Legumen) sowohl an der Bauchnaht als am Rücken aufspringend (Fig. 235 *A*), z. B. die meisten Leguminosen; hier und da ist eine falsche Scheidewand vorhanden.

β) aus 2 oder mehr Karpellen bestehend.

3. Die Kapsel (Capsula) entsteht aus einem polymeren ein- oder mehrfächerigen Fruchtknoten und zerspaltet in zwei oder mehr Klappen, die vom Scheitel her sich ganz oder nur eine Strecke weit trennen (Fig. 235 *B*). Werden dabei die Karpelle von einander getrennt, also bei mehrfächerigen Fruchtknoten die Scheidewände gespalten (Fig. 234 *A*), so heißt die Art des Aufspringens wandspaltig (septicid, Fig. 234 *A*); wird dagegen jedes Karpell in seiner Mitte gespalten, so heißt das Aufspringen klappenspaltig (loculicid, Fig. 234 *B*); bei mehrfächerigen Fruchtknoten können auch die Scheidewände in der Mitte zu einer Säule vereinigt bleiben und sich von den Klappen trennen; tritt dies in Verbindung mit der septiciden Dehiscenz ein, so heißt diese septifrag (Fig. 234 *C*).

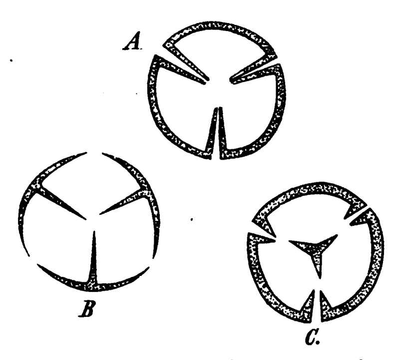


Fig. 234. Schematische Querschnitte aufgesprungener Kapseln; *A* septicide, *B* loculicide, *C* septifrage Dehiscenz.

Hier schließt sich auch die Schote (Siliqua) an, bestehend aus zwei Karpellen; die Verwachsungsstellen der Fruchtblätter (oder außerdem ein Teil der Fruchtwand) bleiben als Rahmen auf dem Blütenstiel stehen, während die Klappen sich meist von unten beginnend lösen, z. B. die meisten Cruciferen (Fig. 235 *C*). Als Spezialfall schließt sich hier auch die Porenkapsel des Mohns (Fig. 235 *D*) an mit einer größeren Anzahl von Karpellen und nur ganz kurzen, ein kleines Loch öffnenden Klappen.

b) Der Quere nach öffnet sich das Pyxidium (Deckelkapsel), z. B.

von Plantago, Anagallis, Hyoscyamus (Fig. 235 *E*); es fällt die obere Klappe der Fruchtwand wie ein Deckel ab.

II. Als **Bruchfrüchte** kann man diejenigen mehrsamigen Früchte mit trockenem Perikarp zusammenfassen, welche zwar zur Reifezeit die Samen einschließen und als Ganzes sich von der Pflanze loslösen, welche aber doch eine nachträgliche unregelmäßige Zertrümmerung erfahren, so dass die Samen wenigstens bis zur Keimung frei werden; so die nicht aufspringenden »Hülsen« von Gleditschia, Ceratonia, die Früchte gewisser Sorten von Linum.

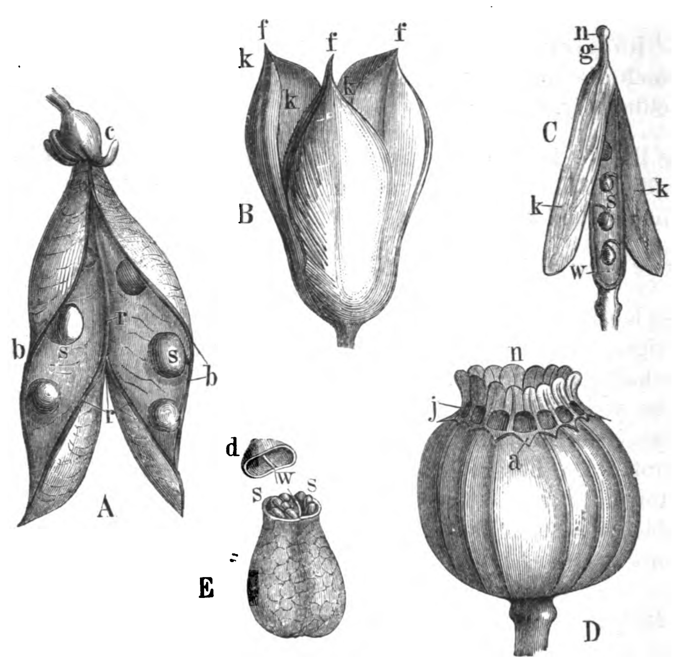


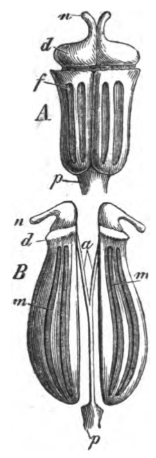
Fig. 235. Trockene Springfrüchte. *A* Hülse der Erbse, *r* Rücken-, *b* Bauchnaht, *c* Kelch, *s* die Samen, *B* septicide Kapsel von Colchicum autumnale, *fff* die drei sich trennenden Fruchtblätter, *k* die Klappen. *C* Schote von Brassica; *kk* die Klappen, *w* die Scheidewand mit den Samen *s*; *g* Griffel, *n* Narbe. *D* Porenkapsel von Papaver somniferum; *n* Narbe, *j* die Poren, entstanden durch Zurückschlagen der Stücke *a*. *E* Pyxidium von Hyoscyamus, *d* der abspringende Deckel, *w* die Scheidewand, *s* die Samen.

III. Die **Beere** (**Bacca**); die Fruchtwandung wird saftig, ihre Zellen füllen sich speziell für den Reifezustand mit meist zuckerhaltigem Safte; in dem weichen Fruchtfleische liegen die hartschaligen Samen, welche somit nach Zerstörung des Fruchtfleisches frei sind. Das Epikarp bildet bald eine zarte Umhüllung der Beere, so bei Ribes, Vitis, bald eine lederartige Schale, so z. B. bei Citrus, ja kann selbst holzig werden bei den Kürbisfrüchten. Eine andere Modifikation bildet die **Apfelfrucht**, bei der die Auskleidung der Fruchtfächer, das Endokarp, von etwas derberer Konsistenz ist. Die Beere ist eine an die Verbreitung durch Tiere angepasste Fruchtform.

B. Die Samen werden bis zur Keimung von der ganzen Fruchtwandung oder wenigstens einzelnen Teilen derselben umschlossen und besitzen eine nur schwach entwickelte Samenschale; den Schutz gewährt das Perikarp.

IV. Die Schließfrüchte besitzen ein vollständig trockenes Perikarp von bald holziger, bald lederartiger Beschaffenheit; die Schließfrucht entsteht entweder

a) aus einem Fruchtknoten, der entweder nur eine einzige Samenanlage enthielt (z. B. Polygonaceen), oder in welchem regelmäßig nur eine Samenanlage befruchtet wird, während die anderen verkümmern, z. B. die Haselnuss, Eichel. Je nach der Beschaffenheit des Perikarps pflegt man zu unterscheiden die Nuss (Nux) mit holzigem oder lederigem Perikarp, freiem Samen, z. B. Corylus, die Caryopse mit dem Perikarp angewachsenen Samen, z. B. die Frucht der Gräser; davon die Achäne (z. B.



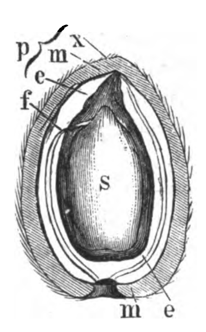


Fig. 237. Längsschnitt der Steinfrucht des Mandelbaums; *s* der Same befestigt am Funiculus *f*; *e* das harte Endokarp, *m* das Mesokarp, *x* das Epikarp, zusammen das Perikarp *p* bildend.

Fig. 236. Carum Carvi; *A* Fruchtknoten der Blüte (*f*), *d* Griffelpolster; *B* reife Frucht, die beiden Fächer werden zu zwei Merikarpien (*m*); ein Teil der Scheidewand bildet einen Halter, Carpophorum (*a*).

Compositen) wegen des unterständigen Fruchtknotens abzutrennen, ist überflüssig; oder

b) die einsamige Schließfrucht entsteht durch Teilung eines mehrsamigen Fruchtknotens in einsamige Teilfrüchte, Merikarpien; diese Teilung erfolgt

α) der Länge nach, bei den Spaltfrüchten (Schizokarpien) der Doldengewächse (Fig. 236), der Ahorne, Malvaceen, Labiaten, Boraginaceen u. a.; die ganze Frucht lässt sich auch vergleichen mit einer septiciden Kapsel, bei welcher die Klappen sich nicht nach innen öffnen, sondern die Samen völlig umschließen; oder

β) der Quere nach; hierher gehört die Gliederhülse von Hedysarum, Hippocrepis, welche im Bau mit einer Hülse übereinstimmt, aber nicht der Länge nach aufspringt, sondern in so viele einsamige Querglieder zerfällt,

als Samen hintereinander liegen: analog verhält sich die Gliederschote von Raphanus und anderen Cruciferen.

V. Die Steinfrucht (Drupa) bildet ihr Endokarp sklerenchymatisch aus zu einem Steinkern, Putamen (Fig. 237*e*), welcher den Samen bis zur Keimung umschließt; das Mesokarp ist sehr saftreich, z. B. bei den Kirschen und Pflaumen, minder saftig bei der Mandel; oder auch trocken, wie bei der Cocosnuss, welche diese Form mit den Schließfrüchten verknüpft.

Daran schließt sich auch, vergleichbar mit den Teilfrüchten, der Steinapfel, z. B. von Crataegus; hier wird jedes Fach des Fruchtknotens zu einem Steinkerne, deren sonach mehrere in einer Frucht sich befinden und durch Zerstörung des fleischigen Mesokarps frei werden.

Die Ausbildung der Früchte und Samen zeigt verschiedene Anpassungserscheinungen, welche der möglichst leichten und weiten Verbreitung dienen. So werden die saftigen Früchte, die Beeren und Steinfrüchte, von Tieren, insbesondere Vögeln verzehrt, die hartschaligen Samen und Steinkerne aber unverdaut abgegeben; so finden sich bald flügelartige Ausbreitungen und Anhängsel, welche einer Fortbewegung durch den Wind förderlich sind, Haarschöpfe, Federkronen, welche insbesondere ein Aufsteigen bei trockener, ruhiger Luft, ein Niederfallen bei feuchter Luft bewirken, ferner borsten- oder hakenförmige Anhängsel, durch welche die Früchte oder Samen am Fell oder Gefieder der Tiere festgehalten und dadurch verschleppt werden. Je nachdem der Same von der Pflanze sich loslöst oder die ganze Frucht oder Teilfrüchte, welche die Samen umschließen, sich abtrennen, sind es nun auch die Samen einerseits oder die Früchte, beziehungsweise Teilfrüchte andererseits, welche die betreffenden. Einrichtungen besitzen; so finden wir häutige Flügel oder Anhängsel an den Samen von Catalpa, den Früchten von Ulmus, Betula, Acer, oder als Hüllen einer ganzen Blüte bei Carpinus, selbst an einem Blütenstande bei Tilia; Haarschöpfe u. dgl. finden sich an den Samen der Weiden, Baumwolle, an den Früchten der Disteln und anderer Compositen; hakige Anhängsel an den Teilfrüchten vieler Doldengewächse, Borraginaceen, an den Früchten von Galium, aber auch an den ganzen Blütenköpfen von Lappa. — Besondere Einrichtungen sind die langen Schnäbel von Erodium, die vermöge ihrer Hygroskopizität sich spiralig auf- und zudrehen und dadurch die Teilfrüchtchen in die Erde einbohren.

Während einzelne Samen sofort nach der Reife keimen (z. B. viele Papilionaten, Weiden, Ulmen), bedürfen die meisten einer längeren Ruhe, manche wie Carpinus, Fraxinus selbst anderthalb Jahre.

Die blütentragenden Sprosse der Angiospermen bilden sehr häufig reiche Verzweigungssysteme, welche von dem vegetativen Teil der Pflanze gewöhnlich scharf abgegrenzt sind, und außer den Blattgebilden der Blüte nur Hochblätter, nämlich deren Trag- oder Deckblätter (Bracteae) und die Vorblätter (Bracteolae), oder gar keine Blattgebilde tragen. Diese Verzweigungssysteme werden als **Blütenstände,** Inflorescenzen, bezeichnet.

Die Verzweigung ist in den Blütenständen, wie überhaupt bei den Angiospermen, vorwiegend monopodial und axillär. Einige scheinbare Abweichungen von der axillären Verzweigung lassen sich aber auf diese allgemeine Regel zurückführen; so sind z. B. in den Trauben der meisten Cruciferen die Deckblätter der einzelnen Blütenstiele abortiert, ebenso in den Köpfen vieler Compositen; bei Solanaceen erleidet das Deckblatt häufig eine Verschiebung, so dass es an dem Achselspross selbst seitlich zu stehen scheint; andererseits kommt es auch vor, dass der Achselspross mit seinem Muttersspross eine Strecke weit verwächst.

Unter Zugrundelegung der oben S. 12 behandelten allgemeinen Verzweigungsgesetze unterscheiden wir die verschiedenen Blütenstände in folgender Weise:

A. Racemöse (botrytische) Blütenstände. Sie kommen dadurch zu stande, dass eine Achse zahlreiche Seitensprosse in akropetaler Reihenfolge erzeugt, welche sich gewöhnlich nicht stärker entwickeln, als der über ihrer Insertion liegende Teil der Hauptachse. Für die Begriffsbestimmung ist es gleichgültig, ob die Hauptachse mit einer Blüte abschließt oder nicht. Endigen die Seitensprosse erster Ordnung, welche an der Hauptachse des Blütenstandes, der Spindel entspringen, sofort, ohne sich weiter zu verzweigen, mit einer Blüte, so heißt der Blütenstand:

I. Einfach:

1. Die Traube (Racemus); die Hauptachse ist langgestreckt, die Blütenstiele entspringen meist entfernt von einander. Dabei kann eine Endblüte vorhanden sein oder nicht, z. B. Berberis, Robinia, die Cruciferen; sind die Blüten sitzend, so heißt der Blütenstand eine Ähre (Spica, Fig. 238 *A*), z. B. die männlichen Ähren von Carex; ist dabei die Spindel dick und fleischig, so wird die Bezeichnung Kolben (Spadix) angewendet; letzterer trägt unterhalb der Blüten häufig ein mächtig entwickeltes Hochblatt, die Scheide (Spatha), z. B. Arum, Zantedeschia, Anthurium.

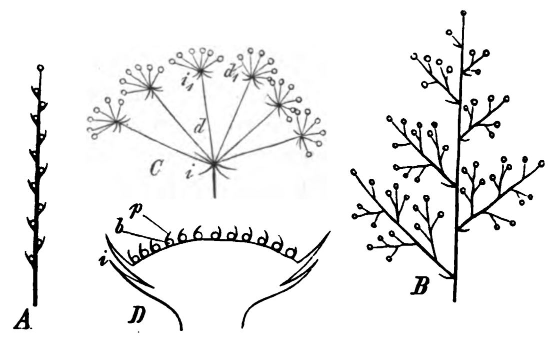


Fig. 238. Schematische Darstellung racemöser Blütenstände. *A* Ähre; *B* zusammengesetzte Traube (Rispe); *C* zusammengesetzte Dolde; *d* Strahlen der Dolde, *i* Involucrum, d_1 Strahlen der Döldchen, i_1 Involucellum. *D* Köpfchen, *i* Involucrum, *b* Blüten, *p* Deckblätter.

2. Das Köpfchen (Capitulum, Fig. 238 *D*); die Hauptachse ist verkürzt, konisch oder kuchenförmig ausgebreitet oder selbst napfartig ausgehöhlt, z. B. Compositen. Die Deckblätter der einzelnen Blüten (Fig. 238 *D*, *p*) fehlen bisweilen; das ganze Köpfchen wird an der Basis von einer Anzahl Hochblätter umgeben, dem Hüllkelch (Involucrum, Fig. 238 *D*, *i*), wodurch der Blütenstand äußerlich einer Einzelblüte ähnlich wird.

3. Die Dolde (Umbella, Fig. 238 C, d_1): eine große Zahl langgestielter Blüten entspringt dicht gedrängt aus einer sehr verkürzten Spindel, welche gewöhnlich keine Endblüte trägt, z. B. Primula. Die Deckblätter der einzelnen Blütenstiele, der Strahlen, sind gewöhnlich nicht vollzählig vorhanden und heißen Hülle, Involucrum.

II. Zusammengesetzte racemöse Blütenstände sind solche, wo die Seitenstrahlen, welche bei den eben angeführten Formen die Blüten tragen, sich wiederum nach racemösem Typus weiter verzweigen, oder mit anderen Worten: Blütenstände, welche einer der im obigen aufgezählten Formen angehören, sind wiederum nach racemösem Typus zu einem größeren Blütenstande zusammengestellt, z. B. mehrere Köpfchen in derselben Weise, wie die Einzelblüten in einer Traube. Man wendet dann für den größeren zusammengesetzten Blütenstand in seiner ersten Verzweigung dieselben Ausdrücke an, wie sie oben für die einfachen festgestellt wurden, und spricht dann im erwähnten Beispiele von einer aus Köpfchen gebildeten Traube, kurz Köpfchentraube. Sie lassen sich einteilen in:

α) gleichartig zusammengesetzte; die Verzweigung gehört in beiden (oder allenfalls noch höheren) Graden derselben Form an:

4. die zusammengesetzte Traube (Rispe). An der Spindel einer Traube stehen wiederum Trauben; die Verzweigung wiederholt sich oft in noch höheren Graden derart, dass am Grunde des Blütenstandes die Verzweigung reicher ist, als gegen die Spitze, Fig. 238 *B*, z. B. Vitis. — Wie wir die Ähre der Traube untergeordnet haben, so gelte auch hier als Spezialfall die zusammengesetzte Ähre, wenn nämlich an der Spindel einer Ähre wiederum Ähren sitzen, z. B. Triticum, Secale u. a.

5. die zusammengesetzte Dolde (Fig. 238 *C*) kommt viel häufiger vor, als die einfache, und wird gewöhnlich schlechthin Dolde, Umbella, genannt; die einzelnen einfachen Dolden (Fig. 238 C, d_1) heißen dann Döldchen (Umbellulae), deren Hüllen: Hüllchen (Involucella).

β) ungleichartig zusammengesetzte; die Verzweigungen der verschiedenen Grade gehören verschiedenen Formen an.

Es kommt hier eine solche Mannigfaltigkeit vor, dass es unmöglich ist, die einzelnen Kombinationen aufzuzählen und zu benennen. Als Beispiel für die Bezeichnungsweise seien erwähnt: Köpfchentraube, d. h. zu einer Traube zusammengestellte Köpfchen bei vielen Compositen (Petasites); Ährenköpfchen, d. h. zu einem Köpfchen zusammengestellte Ähren bei vielen Scirpus; Ährentraube bei vielen Gräsern, wo die letzten Verzweigungen einer zusammengesetzten Traube Ähren sind.

B. Cymöse Blütenstände. Der mit einer Blüte abschließende Hauptspross erzeugt unter seinem Ende einen oder wenige Seitensprosse, welche ebenfalls mit Blüten abschließen, sich kräftiger entwickeln, als der Hauptspross, und dieselbe Verzweigungsform in höheren Graden fortsetzen. Gewöhnlich schwächen sich cymöse Inflorescenzen in den höheren Verzweigungsgraden allmählich ab (Euphorbia).

I. ohne Scheinachse (Sympodium).

6. Die Scheindolde (Pleiochasium); unterhalb der Endblüte des Hauptsprosses entspringen zahlreiche, d. h. drei oder mehr unter sich gleich starke Seitensprosse, z. B. bei vielen Euphorbien. Dieser Blütenstand ist der echten Dolde sehr ähnlich. Die Zugehörigkeit zum cymösen Haupttypus ergiebt sich daraus, dass die Scheindolde sehr häufig in höheren Graden durch Verarmung in Dichasien ausgeht.

7. Das Dichasium (s. Fig. 12 *C* auf S. 12); unterhalb der Endblüte des Hauptsprosses entspringen nur zwei, ziemlich auf gleicher Höhe stehende Seitensprosse, die sich wiederum ebenso verzweigen; gewöhnlich kreuzen sich die aufeinander folgenden falschen Dichotomien unter rechtem Winkel, z. B. Valerianella, die schwächeren Blütenstände mancher Euphorbien.

II. mit Scheinachse (Sympodium).

8. Die Wickel (Cincinnus). Die aufeinander folgenden Blüten fallen in die Transversale und zwar abwechselnd nach rechts und links von der relativen Hauptachse. (Fig. 239 *A* u. *B*; vgl. auch Fig. 12 *A* u. *B* S. 12). — Borraginaceen, Drosera.

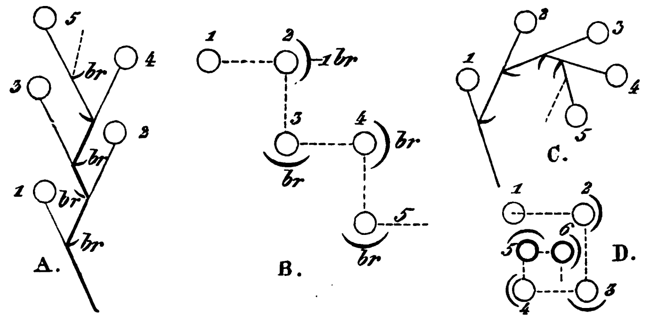


Fig. 239. Wickel (*A* und *B*) und Schraubel (*C* und *D*) im Aufriss und Grundriss; *1, 2, 3*.. die aufeinander folgenden Blüten verschiedener Ordnung, *br* Tragblätter der Blüten. (Nach *Goebel.*)

9. Die Schraubel (Bostryx). Die aufeinander folgenden Blüten fallen in die Transversale der relativen Hauptachse und zwar immer auf dieselbe Seite (Fig. 239 *C* u. *D*; vgl. auch Fig. 12 *D* S. 12). — Hypericum.

10. Die Fächel (Rhipidum). Die aufeinander folgenden Blüten liegen in der Mediane, demnach sämtlich in einer Ebene, und zwar stets auf der Rückseite der relativen Hauptachse. — Iridaceen.

11. Die Sichel (Drepanium) unterscheidet sich hiervon nur dadurch, dass die aufeinander folgenden Blüten stets auf der Vorderseite der relativen Hauptachse liegen. — Juncaceen.

C. Racemös und cymös zusammengesetzte Blütenstände. Es kommt vor, dass zusammengesetzte Blütenstände in den verschiedenen Graden der Verzweigung einem anderen Haupttypus folgen. So findet sich z. B. racemöse Verzweigung im ersten, cymöse im zweiten Grade in den Wickeltrauben der Rosskastanie, den Schraubelköpfchen mancher Allium-

Arten u. s. w. Andererseits kommt auch cymöse Verzweigung im ersten, racemöse im zweiten Grade vor, z. B. aus Köpfchen zusammengesetzte Schraubeln, d. h. Köpfchenschraubeln, bei Cichorium u. a.

Endlich sind noch einige Bezeichnungen für Blütenstände anzuführen, welche nur auf deren äußere Erscheinung Bezug haben, ohne Rücksicht auf den Aufbau nach den oben geschilderten Typen; so nennt man Ebenstrauß (Corymbus) einen zusammengesetzten Blütenstand, dessen letzte Zweige alle in einer Ebene endigen und die Blüten tragen (Sambucus); Spirre (Anthela) ist ein zusammengesetzter Blütenstand, dessen Zweige ersten Grades von unten nach oben (dem Ansehen nach von außen nach innen) allmählich kürzer werden (z. B. Juncaceen); Kätzchen (Amentum) heißt ein meist hängender einfacher oder zusammengesetzter Blütenstand von verlängerter Gestalt, welcher nur unscheinbare Blüten trägt und (wenigstens wenn er nur männliche Blüten enthält) nach dem Abblühen sich als Ganzes von der Pflanze lostrennt. — Lange blattlose oder nur mit wenigen kleinen Hochblättern versehene Blütenstiele oder ähnliche Achsen, welche an ihrem oberen Ende dicht gedrängte oder scharf abgesetzte Infloreszenzen tragen, heißen Schäfte (Scapi).

Besondere Formen des Blütenstandes siehe im speciellen Teile, unten.
Die Angiospermen gliedern sich in zwei Unterklassen.

1. Unterklasse. Monocotyledones. Der Embryo trägt nur einen Kotyledon; der Stamm ist von geschlossenen Gefäßbündeln durchzogen, die Blätter vorherrschend parallelnervig; die Blüten oft, doch nicht immer, auf den pentacyklisch trimeren Typus zurückführbar.

2. Unterklasse. Dicotyledones. Der Embryo trägt zwei opponierte Kotyledonen; der Stamm wird von offenen Gefäßbündeln durchzogen; die Blätter sind meist netzaderig; der Blütenbau sehr verschieden.

1. Unterklasse. Monocotyledones.

Der Embryo trägt nur einen Kotyledon; das Endosperm im reifen Samen meist groß; der Stamm von geschlossenen Gefäßbündeln durchzogen; die Blätter vorherrschend parallelnervig; die Blüten oft, doch nicht immer, auf den pentacyklisch trimeren Typus zurückführbar.

Der Embryo ist gewöhnlich klein im Verhältnis zum umfangreichen Endosperm (Fig. 240 *I*, *e*, *c*), die Achse des Embryos ist nach hinten von einer meist sehr kurzen Wurzelanlage begrenzt und trägt vorn ein scheidenförmiges erstes Blatt, den Kotyledon, dessen Masse meist beträchtlich größer ist, als die des ganzen übrigen Keims, und welches nicht selten noch ein oder mehrere jüngere alternierende erste Blätter einschließt.

Bei der Keimung bleibt gewöhnlich das obere Ende des Kotyledons im Samen eingeschlossen, um die im Endosperm abgelagerten Reservestoffe

aufzusaugen (Fig. 240 *II—IV*); die untere Partie des Kotyledons streckt sich und schiebt das Wurzelende samt dem Stämmchen aus dem Samen heraus. Bei den Gräsern hat der Kotyledon eine eigentümliche schildförmige Gestalt und heißt Scutellum, Fig. 241 *sc*. Dasselbe hüllt im reifen Samen den Embryo zum größten Teile ein und grenzt andererseits an das Endosperm; bei der Keimung saugt der Kotyledon die in diesem enthaltenen Nahrungsstoffe auf, während der Stamm mit den übrigen Blättern

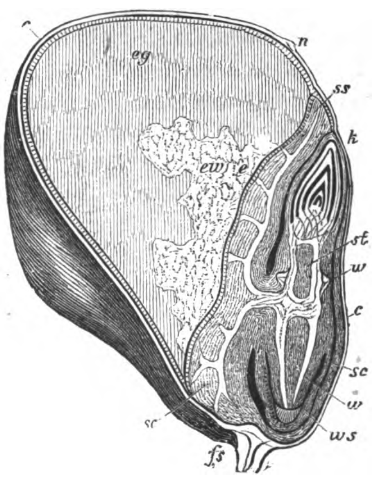


Fig. 241. Längsschnitt der Frucht (Caryopse) von Zea Mais, 6 mal vergr.; *c* Fruchtschale, *fs* Basis der Frucht; *eg* fester, *ew* weicher Teil des Endosperms, *sc* Scutellum (Kotyledon), *ss* dessen Spitze, *k* Knospe des Keimpflänzchens, *w* Wurzel, *ws* Wurzelscheide, *st* Stämmchen des Keims (nach *Sachs*).

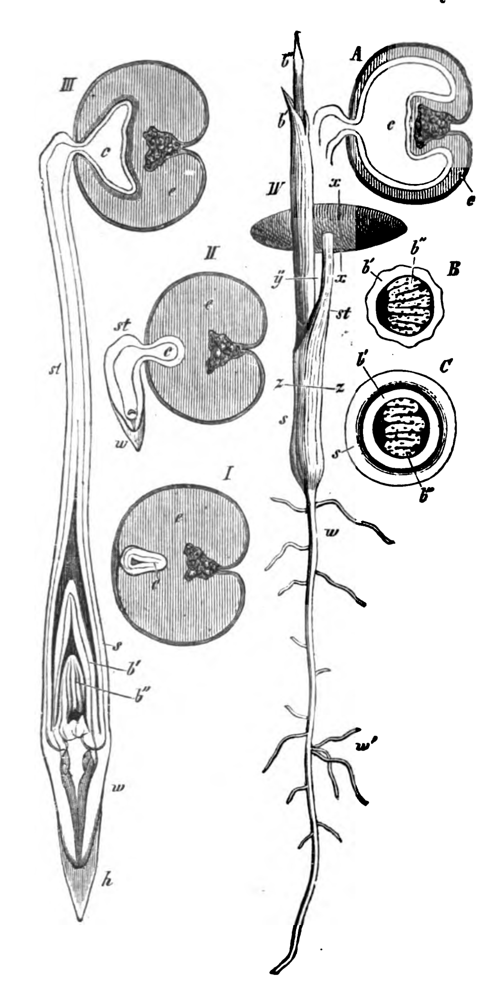


Fig. 240. Keimung der Dattel. *I* Querschnitt des ruhenden Samens, *e* Endosperm, *c* Embryo; *II*, *III* Keimung, Querschnitt des Samens (vergr.); *e* Endosperm, *c* Spitze des Kotyledons, *st* dessen Stiel, *s* dessen Scheide, *w* die Hauptwurzel, mit Haube *h*; *b' b''* die auf den Kotyledon folgenden Blätter. *IV* weiteres Stadium (nat. Gr.). *w'* Nebenwurzeln. *A* Querschnitt des Samens im Zustande *IV* bei *xx*; der Gipfel des Kotyledons hat den Raum des Endosperms eingenommen, *B* Querschnitt des Pflänzchens bei *xy*, *C* bei *zz* (nach *Sachs*).

aus dem Samen heraustritt. Bei den übrigen Monokotyledonen entwickelt sich der Kotyledon zu einem scheidenförmigen Niederblatt, oder zum ersten grünen, von den späteren Laubblättern kaum verschiedenen Blatt.

Die Hauptwurzel bleibt gewöhnlich klein, während aus dem Stamm sich nach und nach Adventivwurzeln entwickeln.

Der Stamm der Monokotyledonen ist von zerstreuten, geschlossenen Gefäßbündeln durchzogen; er besitzt daher auch kein kambiales Dickenwachstum. Nur bei wenigen Gattungen (Dracaenoideae, Agave) wächst er später in die Dicke, aber dadurch, dass aus den äußersten Schichten des Grundgewebes sich ein Meristem bildet, welches außer neuem Grundgewebe auch neue geschlossene Fibrovasalstränge erzeugt (vgl. S. 85).

Die Achse des Keimpflänzchens bleibt in vielen Fällen auch die Hauptachse der Pflanze; sie ist anfangs zart und schwach; da nun ein nachträgliches Dickenwachstum nicht stattfindet, die späteren Stammteile aber schon von vornherein kräftiger, dicker werden, so wird der Stamm umgekehrt kegelförmig; wenn die Pflanze eine gewisse Höhe erreicht hat, kann er dann cylindrisch fortwachsen; deshalb findet man bei Palmen, beim Mais und anderen ähnlich gebauten, aufrechten Stämmen am unteren Ende eine Verschmälerung. Sehr häufig geht aber die erste Achse der Pflanze bald zu Grunde, nachdem sie Seitensprosse erzeugt hat.

Die Blattstellung beginnt mit alternierenden Blättern; bei kräftiger Ausbildung des Stammes geht diese zweireihige Blattstellung nicht selten in komplizierte Spiralstellungen über, so bei Fritillaria, bei den Palmen, wo sie sich in der Form der allseitig entwickelten Blattkrone geltend macht. Bei den Gräsern und einigen anderen Familien bleibt sie beständig zweireihig, bei den Cyperaceae meist nach der Divergenz $^1/_3$. Quirlige Blattstellung kommt in der Laubblattregion nur selten vor.

Die Blätter besitzen meist eine stark entwickelte Scheide, aber keine Nebenblätter. Die Spreite ist gewöhnlich ganzrandig, von einfachem Umriss, häufig lang und schmal, bandartig oder schwertförmig, seltener rundlich oder herz- bis pfeilförmig. Verzweigung des Blattes kommt nur bei Araceen (Fig. 26, S. 24) und Tacca vor. Die fiederig oder fächerig geteilten Blätter der Palmen erhalten diese Form durch Zerreißung der ursprünglich ganzen Spreite, ähnlich wie auch die durchbohrten Blätter mancher Araceen (vgl. S. 255).

Die Blätter sind vorherrschend parallelnervig, die schwächeren Nerven springen auf der Unterseite gewöhnlich nicht vor; es treten entweder schon zahlreiche, annähernd gleichstarke Nerven in das Blatt ein und vereinigen sich außer zahlreichen sehr zarten, rechtwinklig ansetzenden Verbindungsstücken gegen die Spitze des Blattes; oder es gehen von dem durch die Blattmediane verlaufenden, stärkeren Nerven schwächere in sehr spitzem Winkel ab; oder endlich dieser Winkel ist weniger spitz, die schwächeren Seitennerven dicht gedrängt und unter sich parallel (Scitamineen). Einige Formen haben netzaderige Blätter (Araceen, Paris quadrifolia, Dioscoreen u. a.); seltener sind einnervige (Elodea).

Die Blüte der Monokotyledonen ist zum Teil pentacyklisch nach der Formel $Pn + n\ An + n\ Gn$; hierbei ist $n = 3$, seltener $= 2$, 4 oder 5; doch kommen von diesem Typus durch Abort einzelner Kreise oder einzelner Glieder vielfache Abweichungen vor. Eine Reihe monokotyler Familien aber lässt sich (ohne große Schwierigkeiten) nicht auf diesen Typus zurück-

führen; die Zahlenverhältnisse sind bei diesen durchweg schwankend und unbestimmt.

Seitliche Blüten besitzen meist ein hinten stehendes (adossiertes) Vorblatt; daher fällt dann ein äußeres Blatt der Blütenhülle nach vorn.

Die Monokotyledonen gliedern sich in folgende Reihen:

I. Die Zahlenverhältnisse in der Blüte unbestimmt; die Blüte lässt sich nicht allgemein auf die Formel $Pn + n\ An + n\ Gn$ zurückführen.

1. Blütenstände (allgemein) ohne Spathen.

Reihe 1. Pandanales. Deck- und Vorblätter fehlend oder wenig entwickelt. Blüte nackt oder homoiochlamydeisch. Samen mit Endosperm.

Reihe 2. Helobiae. Deckblätter wenig kräftig entwickelt. Blüte homoio- oder heterochlamydeisch. Samen ohne oder mit nur wenig Endosperm.

Reihe 3. Glumiflorae. Deck- und Vorblätter kräftig entwickelt (Spelzen). Blüten nackt oder homoiochlamydeisch. Samen mit Nährgewebe.

2. Blütenstände (Kolben) mit Spathen; Deck- und Vorblätter oft fehlend.

Reihe 4. Principes. Holzgewächse mit Blättern, deren Spreite durch Absterben einzelner Streifen sich gliedert. Nährgewebe hart.

Reihe 5. Synanthae. Stauden oder kurzer holziger Stamm. Kolben mit eigentümlicher Verteilung der Geschlechter. Nährgewebe ölig-hornig.

Reihe 6. Spathiflorae. Meist Stauden. Nährgewebe bisweilen fehlend.

II. Die Zahlenverhältnisse in der Blüte bestimmt ($Pn + n\ An + n\ Gn$), oft Abort einzelner Glieder oder Kreise.

1. Blüten meist regelmäßig. Endosperm reichlich entwickelt.

Reihe 7. Farinosae. Endosperm mehlig.

Reihe 8. Liliiflorae. Endosperm knorplig oder fleischig.

2. Blüten unregelmäßig. Endosperm spärlich oder fehlend.

Reihe 9. Scitamineae. Embryo groß. Perisperm und Endosperm.

Reihe 10. Microspermae. Embryo klein. Nährgewebe fehlend.

Reihe 1. Pandanales.

Blüten reduziert, zuweilen ohne deutliche Abgrenzung gegeneinander in dichten Blütenständen, diklin. Fruchtknoten mit einer, selten mehreren, hängenden Samenanlagen; Schließ- oder Steinfrucht.

Fam. 1. Typhaceae. Blüten nackt, monöcisch; ein monomerer Fruchtknoten mit einer hängenden Samenanlage; fleischiges Endosperm.

Blüten und Schließfrüchte von langen Haaren umgeben, in Kolben, im unteren Teile die weiblichen an kleinen Zweigen desselben, im oberen die männlichen direkt an der Kolbenachse. — Sumpfpflanzen.

Typha, Rohrkolben, mit zweizeiligen bandförmigen Blättern.

Fam. 2. Pandanaceae. Blüten diöcisch, ohne Deck- und Vorblätter, in Kolben, nackt; Fruchtknoten meist monomer mit einer oder mehreren Samenanlagen; Beeren oder Steinfrüchte zu einer Scheinfrucht verbunden; Endosperm ölhaltig.

Pandanus in den Tropen der alten Welt, besonders an Flussufern. Die aufrechten, später sich verzweigenden holzigen Stämme sind durch zahlreiche starke Luftwurzeln befestigt und tragen Blattkronen von großen, schmalen, bandförmigen, stachelig gezähnten Blättern, welche zu Flechtwerk verwendet werden.

Fam. 3. Sparganiaceae. Blüten in kugelförmige Köpfchen zusammengestellt, mit häutigem Perigon; ein monomerer oder dimerer Fruchtknoten mit einer hängenden Samenanlage; Schließfrucht; mehliges Endosperm. — Sumpfpflanzen.

Sparganium, Igelkolben; die unteren Köpfchen enthalten weibliche, die oberen männliche Blüten.

Reihe 2. Helobiae.

Blüten regelmäßig, cyklisch oder hemicyclisch, bisweilen nach $P3 + 3$ $A3 + 3 + \ldots G3 + \ldots$ Fruchtknoten unterständig oder oberständig und dann apokarp. Endosperm spärlich oder fehlend; Embryo mit deutlicher Wurzel. — Sumpf- oder Wasserpflanzen oder Saprophyten.

Fam. 1. Potamogetonaceae. Meist kein Perigon, aber oft kräftige Connectivschuppe. Fruchtknoten apokarp, oberständig. Oft confervoider Pollen.

Potamogeton, Laichkraut; Stengel mit entweder nur untergetauchten Blättern von schmaler oder breiter Gestalt, oder auch einzelnen, breiten, auf der Oberfläche des Wassers schwimmenden Blättern. Blüten in Ähren, welche bei einigen völlig unter Wasser bleiben, bei anderen auf langen Stielen darüber emporgehoben werden; vier Staubblätter, auf der Außenseite mit Anhängseln. — *Zostera* marina, Seegras, Meerespflanze.

Fam. 2. Najadaceae. Blüten diklin; männliche mit doppelter Hülle und einer Anthere; weibliche mit einem Fruchtknoten und einer aufrechten Samenanlage und einfacher oder fehlender Hülle. Untergetauchte, einjährige Wasserpflanzen (Najas).

Fam. 3. Aponogetonaceae. Aponogeton fenestralis (Madagaskar) mit Gitterblättern.

Fam. 4. Juncaginaceae. $P3 + 3\ A3 + 3\ G\underline{3 + 3}$; selten mit Zweizahl. Beide Perigonkreise kelchartig, unscheinbar. Der äußere (seltener der innere) Fruchtblattkreis schlägt hier und da fehl.

Triglochin, in Sümpfen. Blüten in langer, lockerer Ähre ohne Deckblätter in spiraliger Anordnung. — *Scheuchzeria*, in Mooren; Blüten in der Achsel zweizeilig gestellter Deckblätter.

Fam. 5. Alismaceae. $K3\ C3\ A3^2 - \infty\ G3 + 3$ oder ∞. Samenanlagen an der Bauchnaht. Milchsaftschläuche.

Alisma, Froschlöffel (Fig. 242 *B*). $K3\ C3\ A3^2+0\ G\ \underline{\infty}$; die zahlreichen, monomeren, einsamigen Fruchtknoten dichtgedrängt auf verbreitertem Blütenboden. Hauptachse des großen Blütenstandes trägt quirlig gestellte Zweige, die sich schraubelähnlich weiter verzweigen. — *Sagittaria*, Pfeilkraut. $K3\ C3$, ♂ $A\ \infty$, ♀ $G\ \underline{\infty}$, monöcisch. Blüten in dreizähligen Quirlen, die männlichen in den oberen, die weiblichen in den unteren. Die sehr zahlreichen, einsamigen Fruchtknoten auf einem fleischigem Köpfchen. Nur die Blütenstände und die pfeilförmigen Blattspreiten ragen über das Wasser empor.

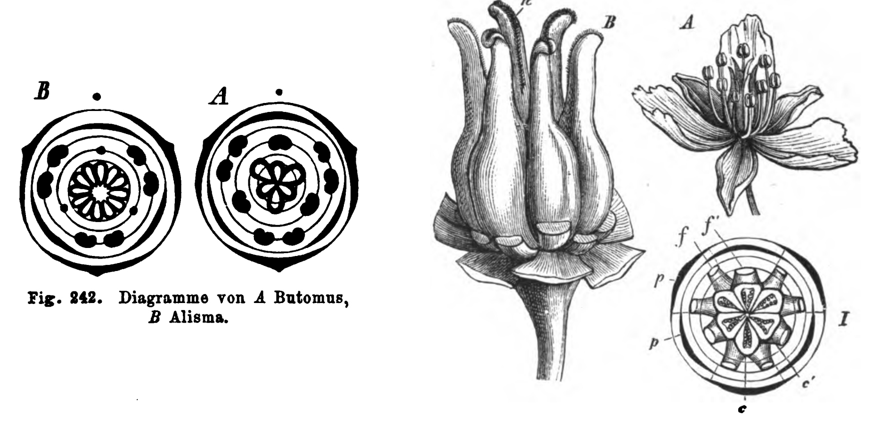


Fig. 242. Diagramme von *A* Butomus, *B* Alisma.

Fig. 243. Butomus umbellatus, *A* Blüte (nat. Gr.), *B* Gynäceum, *n* Narben (vergr.); *I* Diagramm, *pp* Blütenhülle; *f* Staubblätter des äußeren Wirtels, verdoppelt; *f'* des inneren Wirtels; *c* äußerer, *c'* innerer Fruchtblattwirtel (nach *Sachs*).

Fam. 6. Butomaceae. Wie vorige, verschieden durch die Anheftung der Samenanlagen auf der Innenfläche des Fruchtblattes.

Butomus (Fig. 242 *A*, 243), Sumpfpflanze $K_3\ C_3\ A3^2+3\ G\ \underline{3+3}$; Schraubeldolde auf meterhohem Stengel.

Fam. 7. Hydrocharitaceae. Fruchtknoten unterständig. $K3\ C3\ A3+3+\ldots\ G\ \overline{(3+\ldots)}$. Blüten meist diklin, die weiblichen statt der Staubblätter mit Staminodien, die männlichen ohne Gynäceum, dafür aber mit vermehrten Kreisen im Andröceum. Wasserpflanzen.

Elodea canadensis, Wasserpest; mit gestrecktem Stamm, einnervigen, in dreizähligen Quirlen stehenden Blättern; stammt ursprünglich aus Nordamerika, hat sich (in der ♀ Pflanze) in Europa in einer für die Schifffahrt lästigen Weise verbreitet. — *Vallisneria* in Seen und Gräben wärmerer Gebiete untergetaucht. Stamm kurz mit dicht gedrängten schmalen Blättern. Die weiblichen Blüten werden über das Wasser auf langen Stielen emporgehoben; die männlichen Blütenstände reißen sich los und schwimmen auf dem Wasser umher, um die weiblichen Blüten zu befruchten; die Frucht reift wieder auf dem Grunde des Wassers. — *Stratiotes* mit starren, schmalen Blättern. — *Hydrocharis*, Froschbiss, schwimmt auf dem Wasser.

Reihe 3. Glumiflorae.

Blüten meist nackt, selten mit homoiochlamydeischer Hülle, von Hochblättern (Spelzen) bedeckt, mit nur 1 Samenanlage.

Fam. 1. **Gramineae**, echte **Gräser**. Blüten eingeschlossen von Hochblättern, den Spelzen, zu komplizierten Blütenständen angeordnet, nackt, mit meist 3 Staubblättern, einem monomeren Fruchtknoten mit meist 2 Griffeln; Samenanlage hängend, schwach gekrümmt, ohne Funiculus; Embryo dem Endosperm anliegend. Blätter am Halm zweizeilig, mit meist offenen, gerollten Scheiden. Caryopse, mit der bisweilen noch die Vorspelze verwachsen ist (z. B. Gerste, Hafer), seltener Beere oder Nuss.

Die Blüte sitzt in der Achsel eines Deckblattes, der Deckspelze, Palea inferior (Fig. 244 b_1, b_2 . . .), mit einem Vorblatt, der Vorspelze, Palea superior (Fig. 244 *ps*); diese beiden Spelzen, Paleae,

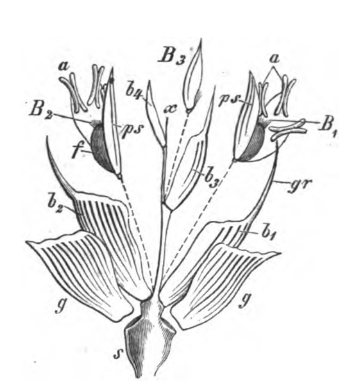




Fig. 245. Einblütiges Ährchen von Panicum miliaceum (vergr.). C_2 und C_3 zweite und dritte Hüllspelze; *D* Deckspelze, *E* Vorspelze.

Fig. 244. Ährchen des Weizens zergliedert (vergr.); *s* Achse der Ähre, *x* des Ährchens, *g* Glumae, b_1, b_2 . . . die Deckblätter der Blüten, Paleae inferiores, mit Granne *gr*; B_1, B_2 . . . die Blüten, in Richtung der punktierten Linien aus der Achsel der Deckblätter herausgezogen; *ps* deren Vorblätter, Paleae superiores, *a* Antheren, *f* Fruchtknoten.

schließen die Blüte vollständig ein; auf die Vorspelze folgt meist noch ein in zwei Teile, die Lodiculae, geteiltes Hochblatt, selten ein drittes, dann über der Vorspelze stehendes Hochblatt. Solche von den Spelzen umschlossene Grasblüten sind meist zu zweien oder mehreren an einer Achse (*x* Fig. 244) zusammengeordnet, und bilden das sog. Grasährchen, Spicula, welches unterhalb der ersten Blüte noch gewöhnlich zwei, zuweilen mehrere, unfruchtbare, d. h. in ihren Achseln keine Blüten tragenden Spelzen, die sogenannten Hüllspelzen, Glumae (auch Klappen genannt, Fig. 244 *g*), besitzt. Ein Grasährchen besteht also aus einer Achse mit zweireihig angeordneten Spelzen, von denen die untersten (meist zwei) unfruchtbar sind, die folgenden aber in ihrer Achsel je eine Blüte tragen, unter welcher sich noch wenigstens ein der Blütenachse selbst angehörendes Vorblatt findet. Die Deckspelzen tragen häufig, bald an ihrer Spitze, bald auf ihrem Mittelnerv, einen borstenartigen Fortsatz, die Granne (Arista) (Fig. 244 *gr*), welche der Spreite der Laubblätter entspricht.

Die Zahl der Blüten in einem Ährchen ist nach den Gattungen verschieden, häufig ist nur die unterste nebst Rudimenten der oberen vor-

handen; ist dagegen nur eine der oberen Blüten entwickelt, somit die unteren Deckspelzen ohne Blüten in ihren Achseln, so werden diese unteren blütenlosen Deckspelzen noch als Hüllspelzen betrachtet, die somit in größerer Anzahl als zwei vorhanden sind (Fig. 245). Die Ährchen selbst sitzen bei einer Anzahl von Gattungen (z. B. Roggen, Weizen, Fig. 246 *B*) in zwei Reihen an einer Hauptspindel, oder in diese eingesenkt; der Blütenstand kann dann als Grasähre bezeichnet werden; bei den meisten übrigen Gattungen aber trägt die Hauptachse des Blütenstandes verschieden lange, dünne, oft sich wiederum reich verzweigende Seitenäste, an deren Ende die Ährchen stehen; so bildet sich die Grasrispe (z. B. Hafer, Fig. 246 *A*). Dieselbe ist entweder locker ausgebreitet mit gestreckten Ästen (Fig. 246 *A*), deren Seitenzweige oft schon am Grunde auftreten und den Schein von Quirlen erregen, oder aber dicht zusammengezogen mit verkürzten Zweigen, z. B. Alopecurus. Die Stellung der Zweige dieser Rispe ist stets mehr oder minder dorsiventral; am deutlichsten da, wo die untersten Seitenzweige der Rispenäste alle auf der gleichen Seite der Rispe entspringen (einseitige Rispen, z. B. Festuca).

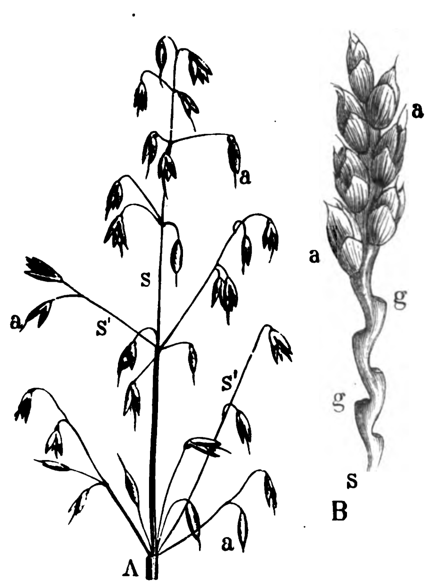


Fig. 246. *A* Grasrispe des Hafers, Avena sativa; *s* Hauptachse, *s'* Seitenäste, *a* Ährchen (1/3 der nat. Gr.). *B* Grasähre des Weizens, *s* Spindel, *g* die Ausschnitte derselben, in welchen die Ährchen *a* sitzen; diese sind am unteren Teile entfernt (nat. Gr.).

Der Stengel ist an den Knoten mit Anschwellungen versehen, welche stets durch die Basis der Blattscheiden, zuweilen außerdem vom Stengel selbst gebildet werden. Die langen Internodien sind innen hohl, die Scheiden der Blätter mächtig entwickelt und hüllen oft mehrere Internodien ein. An der Grenze von Scheide und Spreite findet sich eine häutige Ligula (s. Fig. 19 *A*, S. 19).

Die Gräser werden in folgender Weise eingeteilt:

A. Ährchen einblütig, ohne Achsenverlängerung über der Blüte, bei der Reife als Ganzes abfallend.

Tribus 1. Maydeae. Ährchen nicht von der Seite zusammengedrückt; Deck- und Vorspelze zarthäutig; unterste Hüllspelze am größten; Ährchen eingeschlechtig. — *Zea* Mays, Mais, in wärmeren Gegenden gebaut, aus Amerika stammend; die männlichen Ährchen in lockerer Rispe an der Spitze des Halms, die weiblichen seitlich unten am Halm zu einem dicken, von scheidigen Blättern umhüllten Kolben verwachsen.

Tribus 2. Andropogoneae, wie vorige, aber Ährchen höchstens teilweise eingeschlechtig. — *Saccharum* officinarum, Zuckerrohr (Fig. 247), in Ostindien einheimisch, in den Tropen kultiviert. — *Andropogon* Sorghum, Mohrhirse.

Tribus 3. Paniceae. Ährchen nicht von der Seite zusammengedrückt; Deck- und Vorspelze knorpelig; unterste Hüllspelze am kleinsten (Fig. 245). — *Panicum*; Ährchen in fingerig oder traubig zusammengestellten Ähren. P. miliaceum, Hirse, mit lockerer Rispe. *Setaria*, Kolbenhirse. *Pennisetum* typhoideum (Afrika), Negerhirse.

Tribus 4. Oryzeae. Ährchen von der Seite zusammengedrückt. — *Oryza* sativa, Reis, Ostindien, auch in Südeuropa gebaut.

B. Ährchen ein- bis vielblütig, mit deutlichen Internodien zwischen den Blüten; die einblütigen meist mit Achsenfortsatz über der Blüte, die Hüllspelzen bleiben beim Ausfallen der reifen Früchte stehen.

Tribus 5. Phalarideae. Ährchen gestielt, in Rispen, einblütig mit vier Hüllspelzen. — *Phalaris*. — *Anthoxanthum*, Ruchgras (Cumarin) mit nur zwei Staubblättern, zusammengezogener Rispe.

Tribus 6. Agrostideae. Ährchen gestielt, in Rispen, einblütig, mit zwei Hüllspelzen. — *Stipa* mit langer Granne. — *Milium* ohne Granne. — *Phleum* pratense (Timothéegras) mit ährenförmiger Rispe, freien Hüllspelzen. — Ähnlich *Alopecurus*, Fuchsschwanz, aber mit verwachsenen Hüllspelzen. — *Agrostis* mit kahler Achse des Ährchens, lockerer Rispe. — *Calamagrostis* mit behaarter Ährchenachse. — *Apera*, Windhalm, mit langen zarten Grannen.



Fig. 247. Saccharum officinarum, Zuckerrohr.

Tribus 7. Aveneae. Ährchen gestielt, in Rispen, zwei- bis mehrblütig; Deckspelzen meist kürzer als die Hüllspelzen, auf dem Rücken mit geknieter Granne. — *Avena*, Hafer, mit lockerer Rispe, zweizähniger Deckspelze. — Als Getreide werden gebaut: A. sativa mit allseitswendiger, A. orientalis mit einseitswendiger Rispe, A. strigosa mit behaarter Ährchenachse, A. nuda mit meist dreiblütigen Ährchen. —

Deschampsia, Schmiele, mit abgestutzter Deckspelze. — *Holcus*, Honiggras, die obere Blüte des zweiblütigen Ährchens meist männlich; die Blattscheiden weichhaarig.

Tribus 8. Chlorideae. Ährchen in zwei einander genäherten Reihen, sitzend. — *Cynodon* Dactylon mit fingerig gestellten Ähren. — *Eleusine* Coracana, Cerealie.

Tribus 9. Festuceae. Ährchen gestielt, in Rispen oder Trauben, zwei- bis mehrblütig; Deckspelzen länger als die Hüllspelzen, ohne oder mit spitzenständiger, nie geknieter Granne, meist mehrblütig. — *Phragmites*, Schilf, die Ährchenachse mit seidenartigen Haaren besetzt. — *Melica*, Perlgras, mit bisweilen einblütigen Ährchen und längeren Hüllspelzen. — *Briza*, Zittergras, mit seitlich zusammengedrückten, an der Basis herzförmigen Ährchen. — *Dactylis*, Knäuelgras, mit zusammengezogener, aber in einzelne länger gestielte Abschnitte geteilter Rispe. — *Poa*, Ährchen seitlich stark zusammengedrückt, die Spelzen mit scharfem Kiel. — *Festuca*, Schwingel. — *Bromus*, Trespe. — *Brachypodium* mit sehr kurz gestielten Ährchen in einfacher Traube.

Tribus 10. Hordeeae. Ährchen in Einsenkungen der Spindel in einer sog. Ähre, fast stets in zwei gegenüberstehenden Reihen. Nur bei *Nardus*, Borstengras, sind die Reihen einseitig genähert; hier sind die Hüllspelzen verkümmert, nur eine Narbe; Halme und Blätter sehr rauh. — Bei *Lolium*, Lolch (L. perenne, Raygras), stehen die Ährchen mit ihrem Rücken (d. h. unter der Mittellinie der einen Spelzenreihe) gegen die Hauptspindel, die dieser zugewendete Hüllspelze meist verkümmert. Bei allen anderen Gattungen wenden die Ährchen ihre Seite der Hauptspindel zu. — *Agropyrum*, dessen Deckspelzen mit der Frucht abfallen; hierher A. repens, Quecke, wegen des weitkriechenden Rhizoms ein lästiges Unkraut. — *Secale* cereale, Roggen, mit zweiblütigen Ährchen, schmalen, pfriemlichen Hüllspelzen, stehenbleibenden Deckspelzen. — *Triticum*, Weizen, mit drei- bis mehrblütigen Ährchen, eiförmigen Hüllspelzen. Die kultivierten Sorten gehören drei Arten an: T. monococcum, Einkorn, mit verkümmertem Gipfelährchen, spitzem Seitenzahn der Hüllspelzen; T. sativum mit deutlichen Gipfelährchen, stumpfem Seitenzahn der Hüllspelzen, diese kürzer als die sämtlichen Deckspelzen; hierher der gemeine Weizen mit zäher Ährenspindel, der Spelz oder Dinkel mit zerbrechlicher Ährenspindel, der Emmer ebenso, aber mit zusammengedrückter Ähre; T. polonicum, polnischer Weizen, mit deutlichem Gipfelährchen, stumpfem Seitenzahn der Hüllspelzen, diese mindestens so lang als alle Deckspelzen. — *Hordeum*, Gerste, drei einblütige Ährchen sitzen gemeinsam in einer Einsenkung der Spindel. Kultiviert werden drei Rassen von H. sativum: die zweizeilige Gerste, deren seitliche Ährchen männlich sind, daher die Früchte nur in zwei Zeilen; bei der vier- und der sechszeiligen Gerste sind alle Ährchen fruchtbar, bei ersterer greifen die Seitenzeilen ineinander. Die Frucht hängt meist den Spelzen an.

Tribus 11. Bambuseae. Große, oberirdisch ausdauernde Gräser mit oft kurz gestielten Blattspreiten, in den Tropen. — *Bambusa* arundinacea u. a., Bambus; Tabaschir, Kieselsäurekonkretionen in den Internodien.

Offizinell: Amylum Tritici, Stärkemehl der Frucht von Triticum vulgare. — Saccharum, Zucker von Saccharum officinarum (Fig. 247).

Fam. 2. Cyperaceae, Riedgräser. Blüten in der Achsel von Deckspelzen (oder endständig), meist ohne Vorspelze; Perigon in Form einfacher oder verzweigter Borsten oder fehlend; Fruchtknoten di- oder trimer; Samenanlage aufrecht, anatrop. Embryo im Endosperm eingeschlossen. Blätter meist in drei Reihen am knotenlosen Stengel, mit geschlossenen Scheiden.

Unterfam. 1. Scirpoideae. Hermaphrodite Blüten sämtlich in den Achseln der spiralig oder zweizeilig gestellten Deckblätter, ein Ährchen bildend; diese Ährchen stehen oft zu Ähren, Rispen, Dolden, Köpfchen u. s. w. angeordnet.

Scirpus, Binse, mit oft borstenförmigem Perigon (Fig. 248); Ährchen bei einigen Arten einzeln endständig, bei anderen außer dieser endständigen noch seitliche Ährchen auf kürzeren oder längeren Stielen. — *Eriophorum*, Wollgras; die Haare des Perigons entwickeln sich erst nach der Blütezeit zu bedeutender Länge und in meist großer Zahl. — *Cyperus* mit zweizeiligen Deckblättern; Cyperus Papyrus in Ägypten, diente im Altertum zur Bereitung des Papiers.

Unterfamilie 2. Caricoideae. Blüten meist diklin, ohne Perigon. Bei der Gattung Carex stehen die männlichen Blüten direkt in den Achseln der Deckblätter (Fig. 249 *B*, *D*) zu einer Ähre geordnet; die weiblichen dagegen stehen seitlich einzeln an kurzen Zweiglein, welche aus den Achseln der Ährendeckblätter entspringen (Fig. 249 *A*, *C*) und werden von ihrem Tragblatt, dem sog. Schlauch, Utriculus, vollkommen eingehüllt (Fig. 249 *A*, *C*, *s*). *Carex*, Riedgras, mit starren, oft schneidenden Blättern. Nur wenige sind diöcisch; bei den meisten finden sich männliche und weibliche Blütenstände auf dem nämlichen Stengel. Bei einer großen Hauptabteilung sind die beiden Geschlechter an derselben Ähre vereinigt, welche entweder am Grunde männlich und an der Spitze weiblich ist, oder umgekehrt. Dabei trägt der Stengel bald nur eine einzige endständige solche Ähre, oder an seinem oberen Ende mehrere solcher Ähren zu Köpfchen oder Rispen zusammengestellt. Bei der zweiten großen Hauptabteilung dagegen ist in jeder Ähre nur ein Geschlecht vertreten; es steht dann fast immer die männliche Ähre terminal am Stengel, die weiblichen seitlich.

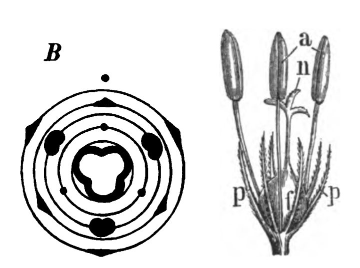


Fig. 248. Blüte von Scirpus (vergr.), *p* das borstenförmige Perigon, *a* die drei Staubblätter, *f* Fruchtknoten. *B* Diagramm.

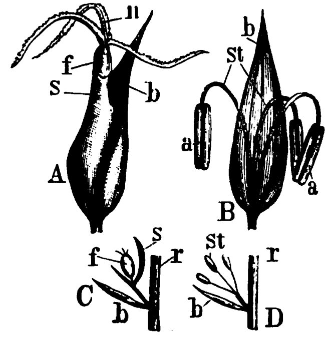


Fig. 249. Blüten von Carex, vergr., *A* weibliche Blüte mit Deckblatt der Ähre *b*, Schlauch *s*, Fruchtknoten *f* und Narben *n*. *B* männliche Blüte mit Deckblatt *b*, drei Staubblättern *st* mit Antheren *a*. *C* schematischer Aufriss der weiblichen, *D* der männlichen Blüte; *r* Achse der Ähre, *b* Tragblatt des Ährchens, *s* Tragblatt der Blüte.

Reihe 4. Principes.

Nur eine Familie:

Fam. Palmae. Blüten diöcisch oder monöcisch, selten hermaphrodit oder polygam, nach dem Typus gebaut: $P3 + 3\ A3 + 3\ G\underline{(3)}$, seltener sind weniger, öfter mehr Staubblätter vorhanden; die Fruchtblätter (selten nur zwei oder eins) bilden bald einzelne monomere, bald einen polymeren ein- bis dreifächerigen Fruchtknoten; vor jedem Fruchtblatt steht typisch je eine grundständige Samenanlage, von denen indes zuweilen zwei fehlschlagen; Beere oder Steinfrucht; Samen groß mit hornartigem Endosperm, dessen Zellwände stark verdickt sind.

Wuchs sehr verschieden. Meist stehen die Blätter dicht gedrängt, eine reiche Krone am Gipfel des hohen oder niedrig bleibenden Stammes bil-

dend, welcher noch eine Strecke weit abwärts von den vertrockneten Resten der älteren Blätter eingehüllt wird. Es giebt aber auch Formen (Calamus), deren Stämme kriechen oder klettern und die Blätter sehr entfernt gestellt tragen. Blätter mit eigentümlicher Entwicklung (S. 245), fächerförmig oder fiederförmig.

Vorzugsweise in den Tropen, besonders auf den Molukken, in Brasilien, dem Orinokogebiet, und zwar gehören die einzelnen Gattungen (abgesehen von einigen verschleppten Arten) ausschließlich entweder der alten oder der neuen Welt an.

Unterfam. 1. Coryphoideae. Drei freie oder lose verwachsene Fruchtknoten, glatte Beerenfrüchte; Strahlen der Blätter oberseits konkav.

Phoenix (Fig. 250 *A*—*C*) dactylifera, Dattelpalme (afrikan. arab. Wüstengebiet), Fiederpalme; von den drei Fruchtknoten bildet sich immer nur einer zur Frucht, der Dattel aus; der sog. Kern derselben besteht, vom dünnen Endokarp umgeben, der Hauptsache nach aus dem Endosperm. — *Chamaerops* humilis mit Fächerblättern, im westlichen Mittelmeergebiet. — *Copernicia* cerifera (Brasilien) liefert Wachs.

Unterfam. 2. Borassoideae. Ein am Grunde dreifächeriger Fruchtknoten; Frucht glatt mit drei Steinkernen; Blätter fächerförmig mit oberseits konkaven Strahlen. *Hyphaene* thebaica, die Doum-Palme Ägyptens. *Borassus* flabelliformis, die »Palmyra« in Indien und Afrika (Palmwein).

Unterfam. 3. Lepidocaryoideae. Ein dreifächeriger Fruchtknoten; Frucht mit Schuppen bedeckt, einsamig; Strahlen der Blätter oberseits konvex. *Mauritia*. — *Raphia* liefert den Raphiabast. — *Metroxylon* Rumphii auf den Molukken liefert Sago, der aus dem Stärkemehl des Stammes gewonnen wird. — Die Stämme von *Calamus*-Arten in Indien liefern das spanische Rohr; C. Draco liefert Drachenblut.

Unterfam. 4. Ceroxyloideae. Ein trimerer ein- oder dreifächeriger Fruchtknoten; glatte Beere (zuweilen wachsen die drei Fächer zu 3 getrennten Beeren aus) oder Steinfrucht; Blätter fiederförmig. *Areca* Catechu, Betelnusspalme (malayisch) (Fig. 250 *J*). — *Elaeis* guineensis, Ölpalme, in Westafrika; das Fleisch der pflaumenähnlichen Frucht liefert das Palmöl. — *Cocos* nucifera, Kokospalme, in Amerika einheimisch, aber in den Tropen verbreitet; die Frucht (Kokosnuss) ist eine riesige Steinfrucht, deren Mesokarp von zahlreichen Gefäßbündeln durchzogen ist, welche vielfach zu Gespinnsten verwendet werden. Innerhalb der steinharten Schale des sog. Kerns, des Endokarps, liegt ein einziger sehr großer Same. Das Endosperm besteht bei voller Fruchtreife aus einer nur wenige Millimeter dicken, der Schale anliegenden Gewebeschicht; der übrige Raum ist mit Zellsaft ausgefüllt (Kokosmilch). Der kleine Embryo liegt im festen Endosperm an der Stelle, wo sich im Endokarp ein Loch befindet.

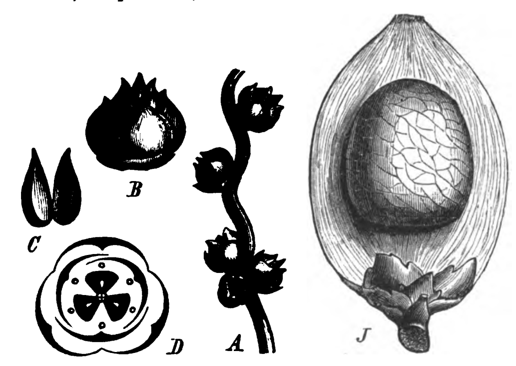


Fig. 250. *A* Stück eines weiblichen Blütenstandes von Phoenix reclinata; *B* einzelne weibliche Blüte; *C* zwei Fruchtknoten daraus; *D* Diagramm; *J* Frucht von Areca Catechu; die eine Längshälfte des faserigen Perikarps ist entfernt.

Unterfam. 5. Phytelephantoideae. Perigon der weiblichen oder der männlichen Blüten fehlt. Von *Phytelephas*-Arten im tropischen Amerika wird das Endosperm als vegetabilisches Elfenbein verwendet.

Offizinell: Semen Arecae von Areca Catechu (Fig. 250 *J*).

Reihe 5. Synanthae.

Nur eine Familie:

Fam. Cyclanthaceae. Pflanzen mit palmenähnlichem Wuchse in Süd- und Zentralamerika: Blüten in regelmäßiger Verteilung der Geschlechter am Kolben; Samenanlagen zahlreich wandständig. — Blätter von *Carludovica* palmata zur Anfertigung von Geweben, z. B. der Panamahüte verwendet.

Reihe 6. Spathiflorae.

Fam. 1. Araceae. Blüten stets ohne Deck- und Vorblätter an einem Kolben, der fast immer von einer Spatha umgeben wird (Fig. 251). Bei einer Anzahl von Gattungen sind die Blüten vollständig ausgebildet und nach dem allgemeinen Monokotylentypus gebaut: $P3 + 3\ A3 + 3\ G\underline{(3)}$, so z. B. Acorus, Fig. 252. Bei anderen Gattungen jedoch sind die Blüten in verschieden hohem Grade reduziert, indem nicht bloß das Perigon, sondern auch einzelne Staub- und Fruchtblätter schwinden. Den extremsten Fall stellen dann die diklinischen Blüten dar, welche nur (die männlichen) aus je einem Staubblatt, beziehungsweise (die weiblichen) aus einem monomeren Fruchtknoten bestehen. Diese reduzierten Blüten sind in bestimmter Weise am Kolben angeordnet, so finden sich z. B. bei Arum (Fig. 251) an der Basis des Kolbens zahlreiche weibliche, aus je einem Fruchtknoten bestehende Blüten, höher oben männliche Blüten dichtgedrängt, von denen jeder nur wenige Staubblätter angehören. Der obere Teil des Kolbens wird von völlig verkümmerten Blüten eingenommen. Wo, wie hier, das Perigon vollständig fehlt, könnte der Schein entstehen, als stelle der ganze Kolben eine einzelne Blüte vor; allein abgesehen von den zahlreich existierenden, vermittelnden Formen ist eine solche Auffassung unmöglich wegen der stets unter den Staubblättern stehenden Fruchtknoten. Frucht meist eine Beere; Samenschale außen fleischig; zuweilen fehlt das Endosperm.

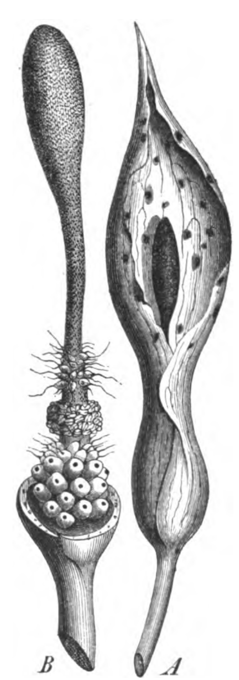


Fig. 251. Arum maculatum, in *B* die Spatha entfernt. (Nach *Natürl. Pflanzenfam.*)

Die fast stets sympodial aufgebauten Stämme sind entweder unterirdisch, Knollen, Rhizome, oder oberirdisch; die letzteren klettern gewöhnlich an Bäumen u. dgl. mit Hilfe mächtiger Luftwurzeln. Die Blätter sind nur selten schmal, band- oder schwertförmig, meist in Scheide, Stiel und Spreite gegliedert, welch letztere öfter netzadrige Nervatur besitzt und sich nicht selten cymös verzweigt. Im Gewebe finden sich bei gewissen Gruppen Milchsaftschläuche, sowie Spikularzellen, d. h. in die Intercellularräume hineinwachsende Fasern.

Unterfam. 1. Pothoideae. Weder Milchsaftschläuche noch Spikularzellen; Blüten meist zwitterig. — *Anthurium, Acorus* Calamus, Kalmus, an Gewässern der nördlichen Hemisphäre verbreitet (Fig. 252).

Unterfam. 2. Monsteroideae. Keine Milchsaftschläuche; aber Spikularzellen; Blüten zwitterig, meist nackt. — *Monstera* deliciosa, Mexiko, mit durchlöcherten Blättern (fälschlich *Philodendron* pertusum).

Unterfam. 3. Calloideae. Milchsaftschläuche; Blüten meist zwitterig; Blätter nie pfeilförmig. — *Calla* mit weißer Spatha, parallelnervigen Blättern.

Unterfam. 4. Lasioideae. Milchsaftschläuche; Blüten zwitterig oder diklin; Blätter pfeilförmig, oft geteilt. — *Amorphophallus*, malayisch-indisch (Fig. 26, S. 24).

Unterfam. 5. Philodendroideae. Milchsaftschläuche; Blüten diklin, nackt; Blätter fast stets parallelnervig.— *Zantedeschia* (Calla, Richardia genannt), mit weißer Spatha.

Unterfam. 6. Colocasioideae. Verzweigte Milchsaftschläuche; Blüten diklin, nackt, mit verwachsenen Staubblättern; Blätter stets netzadrig. — *Alocasia, Colocasia, Caladium.*

Unterfam. 7. Aroideae. Gerade Milchsaftschläuche; Blüten diklin, meist nackt; Blätter netzadrig. — *Arum* (Fig. 251).

Unterfam. 8. Pistioideae. Keine Milchsaftschläuche; Blüten diklin, nackt, männliche quirlig, weibliche nur eine am Kolben. — *Pistia*, schwimmende Wasserpflanze in den Tropen.

Offizinell: Rhizoma Calami von Acorus Calamus (Fig. 252).

Nutzpflanzen: Monstera deliciosa, Fruchtstände essbar; Amorphophallus besitzt stärkereiche Knollen; Alocasia macrorrhiza (indisch malayisch) und Colocasia antiquorum (ebenso) u. a. in den Tropen kultiviert als Gemüsepflanzen.

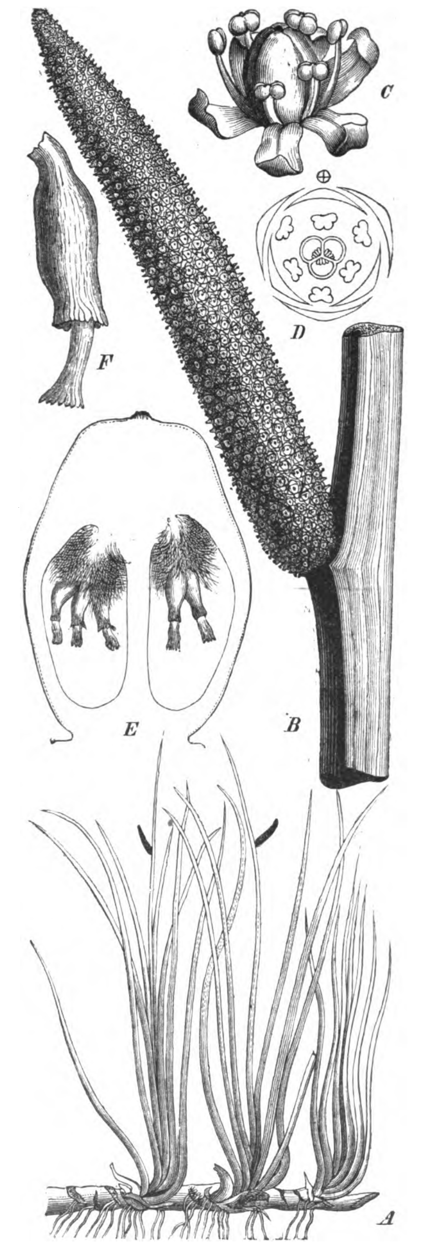


Fig. 252. Acorus Calamus. *A* Habitusbild stark verkleinert, *B* Kolben, *C* Blüte, *D* Diagramm derselben, *E* Fruchtknoten im Längsschnitt, *F* Samenanlage. (Nach *Natürl. Pflanzenfam.*)

Fam. 2. Lemnaceae. Schwimmender Thallus. Zwei (oder nur eine) männliche, nur aus je einem Staubblatt bestehende, und eine weibliche,

nur von einem Fruchtknoten gebildete Blüten finden sich, zu einem Blütenstande zusammengestellt, in einer seitlichen Ausbuchtung des Thallus.

Lemna, Wasserlinse, auf der Oberfläche des Wassers schwimmend und untergetaucht. Thallus blattlos, flach, zweizeilig verzweigt, unterseits in das Wasser herabhängende Wurzeln. *Wolffia* arrhiza entbehrt der Wurzeln und Gefäße.

Reihe 7. Farinosae.

Blüten im allgemeinen von der Formel $P3 + 3$ $A3 + 3$ G (3), heterochlamydeisch, homoiochlamydeisch oder nackt. Fruchtknoten ober- oder unterständig; Embryo dem mehligen Endosperm seitlich oder an der Spitze anliegend.

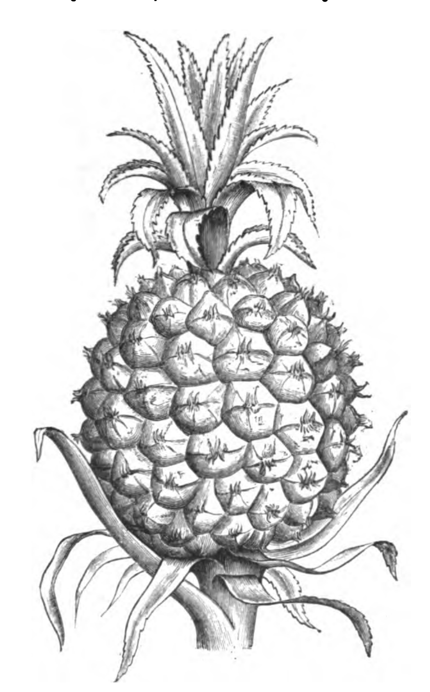


Fig. 253. Fruchtstand von Ananas sativus (verkleinert).

Fam. 1. Bromeliaceae. Innerer Perigonkreis kronenartig. Fruchtknoten dreifächerig, ober-, unter- oder halbunterständig; Samenanlagen umgewendet.— Blätter gewöhnlich grundständig; Blüten zwitterig in endständigen, traubigen Blütenständen mit oft schön gefärbten Deckblättern.

In Amerika einheimisch; die meisten leben epiphytisch auf Bäumen. *Ananas* sativus, Ananas, wird in allen wärmeren Gegenden kultiviert; die Beeren eines Blütenstandes verschmelzen unter sich mit der Achse und den fleischigen Deckblättern zu einer Scheinfrucht, welche von der durchwachsenden, einen Blattschopf tragenden Achse gekrönt wird (Fig. 253).

Fam. 2. Commelinaceae. Kelch und Krone; Fruchtknoten oberständig; Samenanlagen gerade. — Commelina, Tradescantia u. a.

Zu den Farinosae gehören ferner folgende Familien:

Flagellariaceae, Restionaceae, Centrolepidaceae, Mayacaceae, Xyridaceae, Eriocaulaceae, Rapateaceae, Pontederiaceae und Philydraceae.

Reihe 8. Liliiflorae.

Blüten meist groß, einzeln oder in verschiedenartigen Blütenständen, im allgemeinen von der Formel $P3 + 3$ $A3 + 3$ $G(3)$, seltener nach der Zwei-, Vier- oder Fünfzahl; das Fehlschlagen trifft gewöhnlich nicht einzelne Glieder, sondern ganze Kreise. Perigonkreise meist beide gleichartig korollinisch. Fruchtknoten ober- oder unterständig, trimer, meist dreifächerig. Embryo vom knorpeligen oder fleischigen Endosperm umschlossen.

Fam. 1. Juncaceae. Blüte homoiochlamydeisch, mit spelzenartiger Blütenhülle; 6 Staubblätter; Fruchtknoten trimer, drei- oder einfächerig mit drei oder mehr anatropen Samenanlagen, fadenförmigen Narben; Embryo im mehligen Endosperm eingeschlossen. Blätter bandartig oder röhrig; Blüten einzeln oder in Köpfchen, zu mannigfaltigen Gesamtblütenständen vereinigt (Spirren).

Juncus, Binse, mit dreifächerigem, mehrsamigem Fruchtknoten. — *Luzula* mit einfächerigem, dreisamigem Fruchtknoten.

Die Familie bildet den Übergang von den Farinosae zu den Liliiflorae wegen der Art des Nährgewebes.

Fam. 2. Liliaceae. $P3 + 3A3 + 3G(3)$, selten andere Zahlenverhältnisse. Beide Perigonkreise gewöhnlich korollinisch; Blüten höchstens durch die Lage der Blattgebilde unregelmäßig; Fruchtknoten fast stets oberständig, dreifächerig; Narben fast nie fadenförmig; Endosperm fleischig oder knorpelig. — Wuchs verschieden; verbreitet ist Zwiebelbildung mit endständigem Blütenstand und Neubildung der Zwiebeln in jeder Vegetationsperiode.

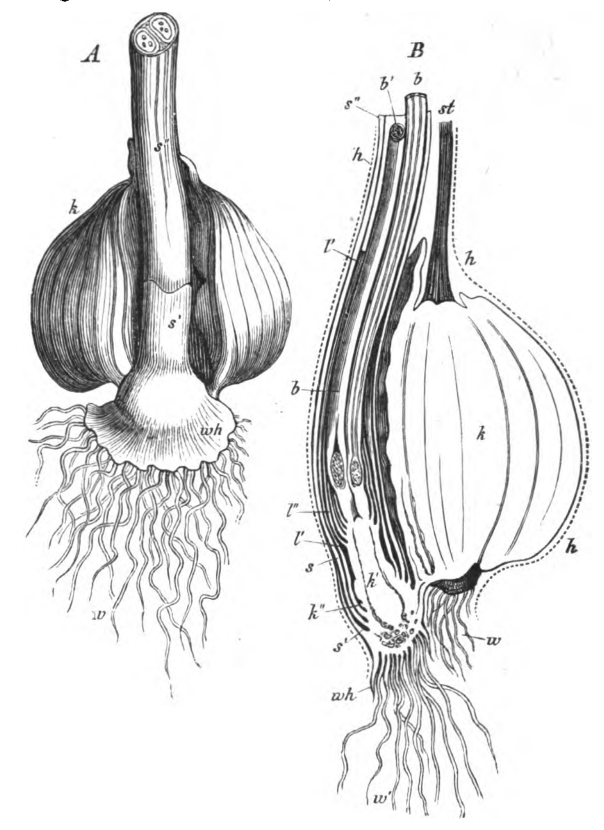


Fig. 254. Colchicum autumnale, unterirdische Teile einer blühenden Pflanze; *A* von vorn aus gesehen, *B* im Längsschnitt (nat. Gr.). *h* eine braune Haut, welche alle Teile umhüllt, *st* der vorjährige unterirdische Stengel, *k* dessen Basalportion, die mit Reservestoffen gefüllte Knolle, *wh* deren Basis mit Wurzeln *w*; ein Seitenspross aus der Basis derKnolle *k* ist die blühende Pflanze, *b*, *b'* deren Blüten (die Perigonröhre), *l'*, *l''* deren Laubblätter, *s*, *s'* deren Scheidenblätter, *k'* deren mittleres Stück, das im nächsten Jahr zur Knolle wird, mit einer Knospe *k''*, der Knolle des übernächsten Jahres (nach *Sachs*).

Unterfam. 1. Melanthioideae. Rhizom oder Knolle mit endständigem Blütenstand; Antheren meist extrors; meist septicide Kapsel, niemals Beere.

Tofieldia mit schwertförmigen, grundständigen Blättern; gelbliche Blüten in terminaler Ähre. — *Veratrum* album (nördl. gem. Zone) und nigrum mit breit eiförmigen Blättern. — *Colchicum* autumnale, Herbstzeitlose (Europa); Stengel im Herbst während der Blütezeit unterirdisch, kurz, dünn (Fig. 254 *k'*), sitzt neben einer älteren Knolle (*k*)

und trägt außer einigen noch wenig entwickelten Blättern (*l′ l″*) eine oder zwei Blüten (*b b′*); deren Fruchtknoten sind unterirdisch, die sechs Perigonblätter zu einer viele Centimeter langen Röhre verwachsen, welche weit über den Fruchtknoten hinaus bis über die Bodenfläche emporwächst und in dem sechsteiligen Saum endigt; die Staubblätter entspringen im obersten Teile der Röhre. Im Frühjahre schwillt der unterirdische Stengel an seiner Basis (*k′*) knollig an und wächst empor, so dass die sich entwickelnden Blätter (*l′ l″*) und die Kapsel über die Erde kommen; an seiner Basis wächst ein Seitenspross (*k″*) hervor, der im Herbste Blüten erzeugt und sich dann ebenso verhält, wie der eben geschilderte. — *Schoenocaulon* officinale (Mexiko, Venezuela) früher officinell.

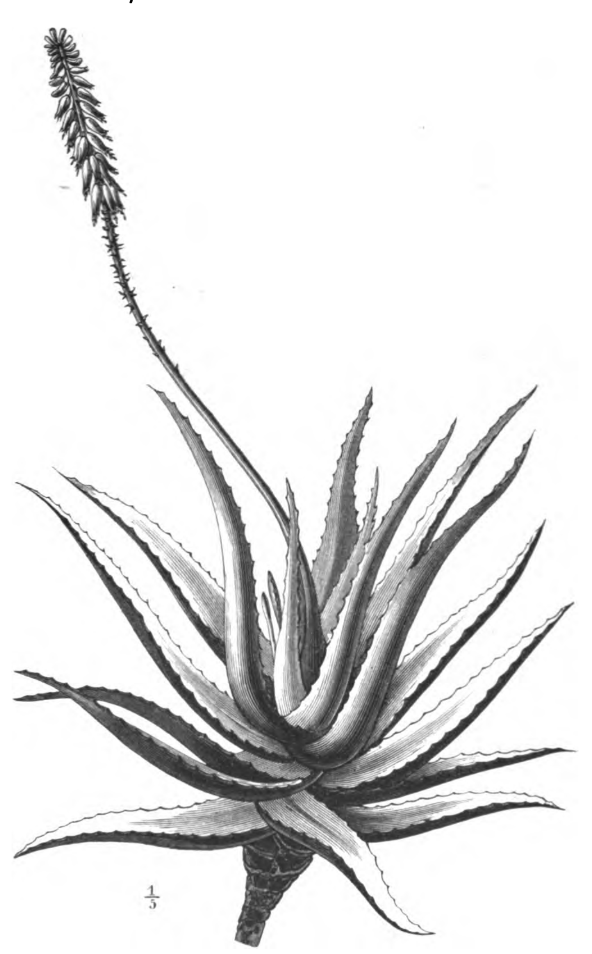


Fig. 255. Aloe vera. (Nach *Natürl. Pflanzenfam.*)

Unterfam. 2. Asphodeloideae. Rhizom mit grundständigen Blättern oder beblätterter und verzweigter Stengel; Blütenstand meist terminal; Antheren introrS; meist Kapsel.

Asphodelus, *Hosta*, *Hemerocallis*.—*Phormium* tenax, neuseeländischer Flachs, die starken Bastfasern der meterlangen bandförmigen Blätter finden Verwendung. — *Aloë* mit dicken fleischigen Blättern, häufig strauch- oder baumartigem Stamm, verwachsenblätterigem Perigon, meist im südl. Afrika (Fig. 255).

Unterfam. 3. Allioideae. Zwiebel oder kurzes Rhizom; Blütenstand ein von zwei Blättern mehr oder weniger eingeschlossenes Schraubelköpfchen.

Allium, Lauch, mit häufig röhrig hohlen Blättern; zwischen den Blüten nicht selten zwiebelartige Brutknospen; mehrere Arten werden zum Küchengebrauch kultiviert, so A. Cepa, Küchenzwiebel, A. ascalonicum, Schalotte, A. Schoenoprasum, Schnittlauch, A. Porrum, Porre, A. sativum, Knoblauch.

Unterfam. 4. Lilioideae. Zwiebel; Blütenstand endständig; Antheren introrS; fachspaltige Kapsel.

Lilium, *Fritillaria*, *Tulipa*, *Scilla*. — *Urginea* maritima mit oberirdischer Zwiebel. — Bei *Hyacinthus*, *Muscari* und anderen Gattungen sind die sechs Perigonblätter zu einer gemeinschaftlichen Röhre verwachsen.

Unterfam. 5. Dracaenoideae. Stamm aufrecht, meist baumartig, mit Dickenwachstum (s. oben S. 85).

Dracaena Draco, Drachenblutbaum (Canaren), D. Cinnabari (Socotra), mit Beeren, liefern rotes Gummiharz. — *Cordyline.* — *Yucca* in Zentralamerika mit freiblätterigem Perigon.

Unterfam. 6. Asparagoideae. Unterirdisches Rhizom in oberirdische, beblätterte, blühende Zweige endigend oder mit seitlichen Blütenzweigen; Beere.

Asparagus officinalis, Spargel; Stengel trägt nur Schuppenblätter, in deren Achseln nadelförmige Zweige; die jungen von den Rhizomen entspringenden Sprosse

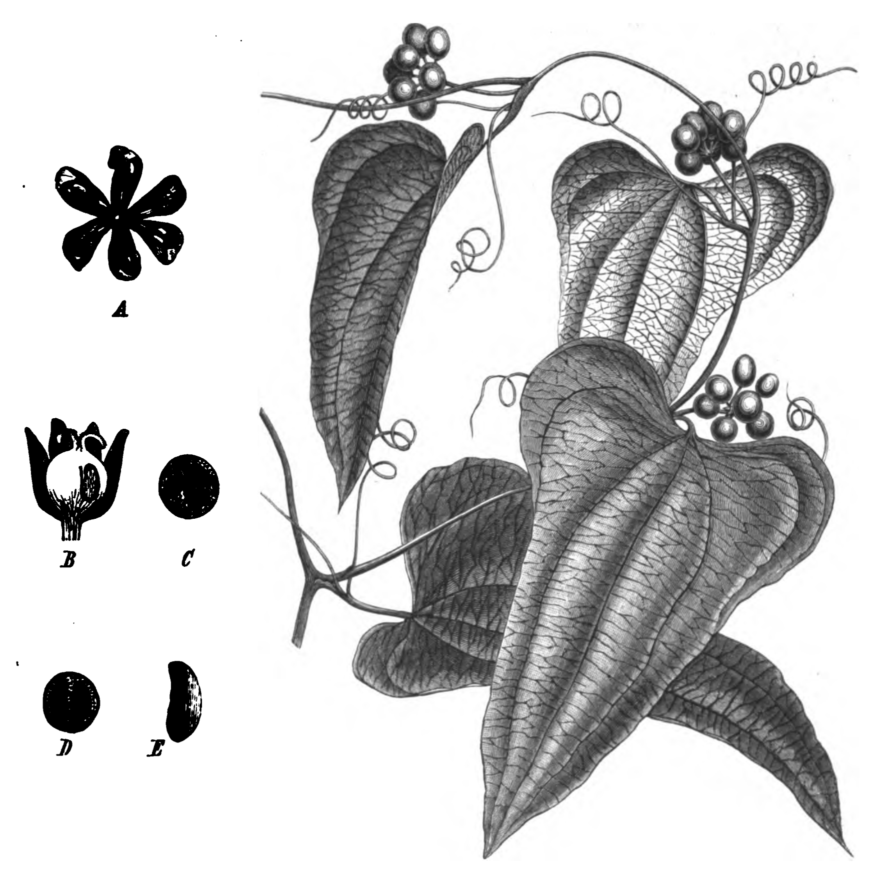


Fig. 256. Smilax medica. Fruchtender Zweig. *A* männl. Blüte, *B* weibl. Blüte; *C* Fruchtknoten im Quer- und *D* im Längsschnitt; *E* Samen. (Nach *Natürl. Pflanzenfam.*)

werden gegessen. — *Ruscus*, kleine Sträucher, deren Phyllokladien auf ihrer Mitte aus der Achsel eines kleinen Deckblattes die diklinischen Blüten tragen (s. oben Fig. 35 S. 34). — *Maianthemum* mit zweizähligen Blütenkreisen. — *Convallaria*, Maiglöckchen. — *Polygonatum* mit beblättertem Stengel. — *Paris* quadrifolia, Einbeere; die Blüten sind aus vierzähligen Kreisen aufgebaut und stehen auf einem Stengel, der unter der Blüte einen Quirl von vier Laubblättern trägt.

Unterfam. 7. Smilacoideae. Rankende Sträucher mit drei- bis fünfnervigen netzaderigen Blättern.

Smilax, vorzugsweise in den Tropen (Fig. 256).

Unterfam. 8. Ophiopogonoideae. — *Sanseviera* zeylanica, guineensis, cylindrica (Afrika, Ostindien) wichtige Gespinstpflanzen.

Unterfam. 9. Enargeoideae nur auf der südl. Hemisphäre.

Offizinell: Semen Colchici, Samen von Colchicum autumnale. — Rhizoma Veratri, Rhizom von Veratrum album. — Aloë, der eingedickte Saft von Aloë ferox, africana, succotrina und plicatilis in Südafrika, A. Perryi auf Sokotra und A. vera (Fig. 255) im Mittelmeergebiet. — Bulbus Scillae, die mittleren Zwiebelschalen von Urginea maritima (Mittelmeergebiet). — Radix Sarsaparillae, die Wurzeln verschiedener Smilaxarten in Zentralamerika.

Nutzpflanzen: Viele Zierpfl. — Vergl. Allioideae, Dracaenoideae, Ophiopogonoidae.

Fam. 3. Haemodoraceae. $P3+3\ A0+3\ G(3)$.

Fam. 4. Amaryllidaceae. $P3+3\ A3+3$, selten mehr $G(\overline{3})$. Perigonkreise beide korollinisch, Blüten oft unregelmäßig; Fruchtknoten unterständig, dreifächerig. Fachspaltige Kapsel oder Beere.

Galanthus und *Leucojum*, Schneeglöckchen. — *Narcissus*, *Eucharis* u. a. mit Nebenkrone. — *Alströmeria* mit Rhizom und reichblätterigem Stengel. — *Agave* americana (gewöhnlich Aloë genannt) stammt aus Mexiko, in Südeuropa eingebürgert. Der ganz kurze Stamm trägt eine grundständige Rosette von dicken stacheligen Blättern; wenn er hinreichend erstarkt ist (in Südeuropa etwa nach 10—20 Jahren), verlängert er sich zu einem viele Meter hohen Schaft, der in reichlicher Verzweigung zahlreiche Blüten trägt. Dickenwachstum (S. 85).

Fam. 5. Taccaceae. Wie Fam. 4, aber Fruchtknoten einfächerig, Samenanlagen parietal, Griffel petaloid. Blätter cymös verzweigt. — *Tacca* pinnatifida u. a. in den Tropen kultiviert, liefert Stärkemehl.

Fam. 6. Dioscoreaceae. Blüten unscheinbar, meist diklin; Fruchtknoten unterständig, meist dreifächerig mit 2 Samen in jedem Fach. — Windende Sträucher mit häufig pfeilförmigen Blättern, oft knolligen Rhizomen.

Dioscorea Batatas, Yamswurzel, in den Tropen als stärkereiches Nahrungsmittel kultiviert. — *Tamus*. — *Testudinaria* Elephantipes, Hottentottenbrod.

Fam. 7. Iridaceae. $P3+3\ A3+0\ G(\overline{3})$. Perigon korollinisch, zuweilen unregelmäßig; Antheren extrors; Fruchtknoten dreifächerig; fachspaltige Kapsel.

Iris, Schwertlilie, unterirdisches, wagerechtes Rhizom, das zweireihig gestellte schwertförmige, in der Richtung der Medianebene ausgebreitete Blätter und blütentragende Stengel treibt; Griffeläste blumenblattartig, mit ihrer konkaven Außenfläche die vor ihnen stehenden Staubblätter bedeckend. — *Gladiolus* mit unterirdischer Zwiebel, die einen hohen mehrblütigen Stengel treibt, Blüten unregelmäßig. — *Crocus*, Safran, mit unterirdischer Knolle, die einen kurzen unterirdischen Stengel treibt; dieser trägt über den Boden emporragende Laubblätter und schließt mit einer Blüte ab, deren Fruchtknoten noch tief unter der Erde steckt; die Röhre des Perigons ragt über den Boden vor und breitet sich in einen sechsteiligen Saum aus, an dessen Basis die drei Staubblätter inseriert sind; 3 fädliche Narben (Fig. 257).

Offizinell: Rhizoma Iridis von Iris germanica, florentina und pallida im Mittelmeergeb. — Crocus, die Narben von Crocus sativus (nur in Kultur bekannt).

Reihe 9. Scitamineae.

Blüten unregelmäßig: $P3+3\ A3+3\ G(\overline{3})$, jedoch mit sehr starker Reduktion des Andröceums. Beide Perigonkreise korollinisch, oder der äußere

kalicinisch. Fruchtknoten dreifächerig. Kapsel oder Beere. Kein oder nur spärliches Endosperm, aber reichliches Perisperm. — Stattliche Kräuter mit großen, in der Knospenlage zusammengerollten Blättern, deren Spreite fiedernervig.



Fig. 257. Crocus sativus. (Nach *Baillon.*)

Fam. 1. Musaceae. Perigon korollinisch, unregelmäßig, das vordere äußere Blatt meist sehr groß, das hintere innere immer sehr klein, bei Musa sind die 5 vorderen zu einer hinten offenen Röhre verwachsen; das hintere Staubblatt steril oder fehlend, die anderen fertil. Stauden von kolossalem Wuchs mit mehrere Meter langen Blättern. Blüten in ährenförmigen Blüten-

ständen in der Achsel großer, oft gefärbter Deckblätter, bisweilen zahlreich in der Achsel je eines Deckblattes.



Fig. 258. Zingiber officinale. Blühende Pflanze, verkl.; *A* Blüte in natürl. Grösse; *B* Staubblatt mit Griffel; *C* Labellum; *D* Fruchtknoten mit Griffel und 2 Drüsen; *E* Narbe. (Nach *Natürl. Pflanzenfam.*)

Musa paradisiaca, Pisang, M. Sapientum, Banane, und M. Ensete stammen aus der Tropenregion der alten Welt; die beiden ersteren sind jetzt auch in Amerika verbreitet und erfahren ausgedehnte Anwendung; die beerenartigen Früchte werden gegessen, die Gefäßbündel zu Geweben benutzt.

Fam. 2. Zingiberaceae. Ölzellen. Blüten einzeln in den Achseln von Hochblättern, unregelmäßig; nur das hintere Staubblatt des inneren Kreises fruchtbar mit vollständiger Anthere; die zwei vorderen Staubblätter des inneren Kreises zu einem kronenblattartigen Gebilde, dem Labellum, verwachsen, zuweilen noch zwei hintere Staminodien des äußeren Kreises (vgl. Fig. 258).

Offizinell: Rhizoma Zingiberis, Ingwer, von Zingiber officinale — Rhizoma Zedoariae, Zittwer, von Curcuma Zedoaria, wie vor. wildwachsend unbekannt. — Rhizoma Galangae von Alpina officinarum in China. — Fructus Cardamomi von Elettaria Cardamomum in Ostindien.

Das Stärkemehl der Rhizome von *Curcuma* angustifolia und leucorrhiza kommt als ostindisches Arrow-root in den Handel.

Fam. 3. Cannaceae. Blüten zu zweien in den Hochblattachseln, unregelmäßig. Andröceum von einer Anzahl blumenblattartiger Gebilde repräsentiert, von denen eines (das hintere Staubblatt des inneren Kreises) eine halbe Anthere trägt (Fig. 259 *st*, *an*); von den übrigen Staminodien ist eines größer, zurückgerollt, das Labellum (Fig. 259 *l*), die anderen schmäleren (Fig. 259 α und β) wechseln in ihrer Zahl nach den Arten; Fruchtknotenfächer mit mehreren Samenanlagen. — Canna, liefert Stärkemehl.

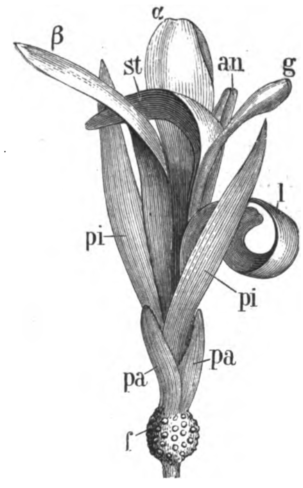


Fig. 259. Blüte von Canna indica (nat. Gr.). *f* der unterständige Fruchtknoten, *pa* äußere, *pi* innere Blütenhülle, *g* Griffel, *st* das fertile Staubblatt mit der Anthere *an*, *l* Labellum, α und β die beiden anderen Staminodien (nach *Eichler*).

Fam. 4. Marantaceae. Blüten zu zweien in den Hochblattachseln, unregelmäßig, aber in jedem Paare gegenseitig symmetrisch; das hintere Staubblatt des inneren Kreises mit halber Anthere; außerdem vier Staminodien; nur eine Samenanlage im Fruchtknotenfach.

Das Stärkemehl des Rhizoms von *Maranta* arundinacea in Westindien ist das »Arrowroot«.

Reihe 10. Microspermae.

Fam. 1. Orchidaceae. Blüten unregelmäßig, im Andröceum reduziert, Staubblätter in der Regel auf einer Verlängerung der hohlen Blütenachse, der Säule, Gynostemium (Fig. 229 *S*, Fig. 263 *B* und *C*, *gs*), eingefügt. Meist nur das vordere Staubblatt des äußeren Kreises fertil (Fig. 260 *A*), seltener die beiden vorderen des inneren Kreises (Fig. 260 *B*); die übrigen staminodial. Blüte durch Drehung des Fruchtknotens (Fig. 261 *f*) gewöhnlich so gedreht, dass die hinteren Glieder, statt wie gewöhnlich nach oben, nach unten zu stehen kommen. Die beiden Perigonkreise sind korollinisch. Das hintere Blatt des inneren Kreises, Labellum genannt (Fig. 261 *l*), ist

stets größer als die übrigen und von mannigfaltiger Form, häufig mit einem Sporn (Fig. 261 *sp*) oder einer sackartigen Höhlung versehen. Das fertile Staubblatt trägt eine zweifächerige (durch Schwinden der Scheidewand öfter ein-, seltener vierfächerige) Anthere, die beiden anderen sind meist Staminodien (Fig. 229 *x*) und erscheinen bisweilen nur als kleine, zahnartige Vorsprünge. Der Pollen zerfällt bei einigen in die einzelnen

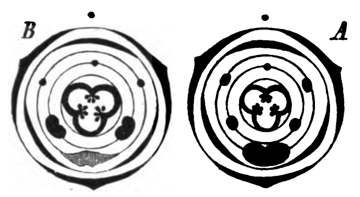


Fig. 260. Diagramme von Orchideenblüten; *A* der gewöhnlichen Form. *B* von Cypripedium; die schraffierten Staubblätter sind Staminodien.

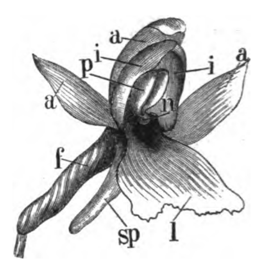


Fig. 261. Blüte von Orchis mascula (2mal vergr.). *f* der gedrehte Fruchtknoten; *aaa* die drei äußeren Perigonblätter, *ii* zwei der inneren, *l* das dritte innere Perigonblatt, Labellum mit Sporn *sp*; *n* Narbe, *p* die Pollensäcke.

Körner, bei anderen bleiben diese zu Tetraden, bei den meisten zu Massen vereinigt, deren jede einem Pollensack entstammt (Fig. 261 *p*, 229 *p*). — Bei der Bestäubung, die hier immer durch Insekten vermittelt wird, bleiben

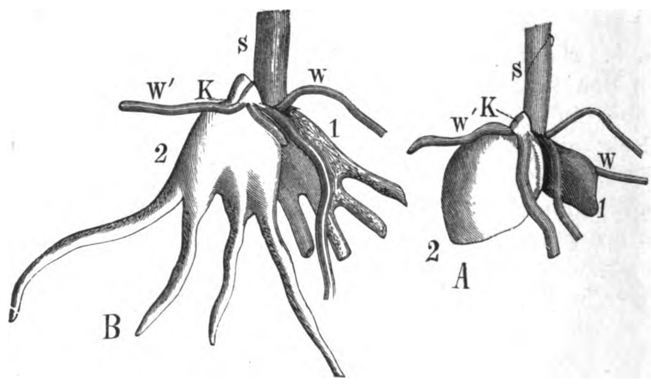


Fig. 262. Knollen *A* von Orchis Morio, *B* von Gymnadenia conopea; *s* blütentragende Stengel, *1* die diesjährige, *2* die nächstjährige Knolle mit Knospe *k*, *w* und *w'* Wurzeln (nat. Gr.).

diese Pollenmassen mittelst eines klebrigen Teils der Narbe, des Rostellum (Fig. 229 *h*), beide am Insektenrüssel haften, von dem sie in anderen Blüten an der Narbe abgesetzt werden. Bei tropischen Arten liegen diese Verhältnisse viel verwickelter. — Der unterständige Fruchtknoten ist einfächerig mit zahlreichen, wandständigen, anatropen Samenanlagen.

Die bei uns einheimischen Arten besitzen unterirdische Rhizome oder Knollen. Diese Knollen sind gewöhnlich in der Zweizahl vorhanden, die ältere, zur Blütezeit schlaffere (Fig. 262 *A* und *B*, 1) trägt den oberirdischen blütentragenden Stengel (Fig. 262 *s*) oder bei jungen Pflanzen einen kurzen

unterirdischen Stamm, der nur Blätter über die Erde treibt. Am oberen Ende dieser Knolle entspringt die festere Knolle (Fig. 262, *2*), welche an ihrem Gipfel die Knospe des nächstjährigen Stammes (*K*) trägt. Die Knolle ist eine Seitenknospe, welche mit ihrer ersten Wurzel (oder deren mehreren, Fig. 262 *B*) verschmilzt und anschwillt; die Spitze der ungeteilten, sowie die Spitzen der geteilten handförmigen Knollen haben im jungen Zustande die Beschaffenheit von Wurzelspitzen.

A. Zwei fertile seitliche Staubblätter (Fig. 260 *B*, 263 *aa*); das bei den folgenden fertile hier ein Staminodium (Fig. 263 *s*).

Unterfam. 1. Cypripedilinae. — *Cypripedium*, Frauenschuh, mit kriechendem Rhizom und breiten eiförmigen Blättern; das gelbe Labellum bildet einen schuhförmigen hohlen Sack.

B. Ein fertiles Staubblatt; zwei seitliche Staminodien (Fig. 260 *A*).

Unterfam. 2. Ophrydinae. Anthere mit breiter Basis aufsitzend; die Pollenmassen an ihrem Grunde mit Anhängseln.

Orchis Morio, militaris, mit rundlichen oder länglichen Knollen (Fig. 262 *A*), O. latifolia, incarnata mit handförmigen, in Wurzeln ausgehenden Knollen (Fig. 262 *B*). *Gymnadenia* conopea mit langer Blütentraube, und ebenfalls handförmigen Knollen, — *Ophrys* mit zierlichen, im Aussehen an Insekten erinnernden Blüten.

Unterfam. 3. Neottiinae. Staubblätter mit dünnem Filament; Blütenstand endständig; Blätter in der Knospe gerollt, deren Spreiten am Grunde nicht abgegliedert.



Fig. 263. Blüte von Cypripedilum Calceolus; die Perigonblätter *pp* sind abgeschnitten. *A* von der Seite. *B* von hinten, *C* von vorn; *f* Fruchtknoten, *gs* Gynostemium, *aa* die beiden fertilen Staubblätter, *s* Staminodium, *n* Narbe (nach *Sachs*.)

Cephalanthera, *Epipactis* mit kriechendem Rhizom. — *Epigogon* ohne Wurzeln, chlorophyllfrei, im Humus der Gebirgswälder. — *Neottia*, ebenfalls ein chlorophyllfreier Humusbewohner, besitzt ein dicht mit fleischigen Wurzeln, die wie die Zweige in einem Vogelneste untereinander verschlungen sind, besetztes Rhizom.

Von den tropischen hierhergehörigen Gattungen sei *Vanilla* erwähnt, mit langer schotenförmiger Frucht, die sich durch ihren feinen Geruch auszeichnet und unter dem Namen Vanille allgemein bekannt ist (Fig. 264).

Unterfam. 4. Liparidinae. Blätter in der Knospe gefaltet, meist nicht gegliedert.

Malaxis. — *Coralliorrhiza* mit korallenähnlich verzweigtem, unterirdischem Rhizom, ohne Wurzeln, Humusbewohner.

Zahlreiche andere Unterfamilien gehören nur den Tropen an, wo sie meist auf Bäumen leben und mächtige Luftwurzeln treiben. — *Vanda*, *Oncidium*, *Phajus* u. a. wegen ihrer schönen, oft wohlriechenden Blüten in Gewächshäusern kultiviert.

Offizinell: Tubera Salep, die rundlichen Knollen von Orchis Morio, mascula, militaris, Anacamptis pyramidalis, sowie die handförmigen von Platanthera bifolia u. a. — Fructus Vanillae von Vanilla planifolia in Mexiko (Fig. 264).



Fig. 264. Vanilla planifolia. *A* Gynostemium und Labellum; *B* und *C* Gynostemium von der Seite und von vorn; *D* Anthere; *E* Samen. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

2. Unterklasse. Dicotyledones.

Der Embryo trägt zwei opponierte Kotyledonen; der Stamm wird von offenen Gefäßbündeln durchzogen, die Blätter sind fast immer netzaderig; der Blütenbau verschieden.

Der reife Same enthält bisweilen ein großes Endosperm und einen kleinen Embryo (z. B. Umbelliferen); häufig ist aber der Embryo verhältnismäßig groß und das Endosperm nimmt einen kleinen Raum ein (z. B. Labiaten), oder endlich das Endosperm fehlt ganz und der Embryo erfüllt den ganzen von der Samenschale umschlossenen Raum (Leguminosen, Compositen).

Der Embryo ist gewöhnlich gegliedert und besteht aus einem Achsenkörper und zwei opponierten Kotyledonen; in seltenen Fällen (z. B. Corydalis) ist nur ein Kotyledon vorhanden, oder es treten abnormer Weise bisweilen drei auf. Die Kotyledonen bilden gewöhnlich die Hauptmasse des Embryos, (Leguminosen, Fig. 265 *A*, *c*). Das Stammende trägt über den Kotyledonen

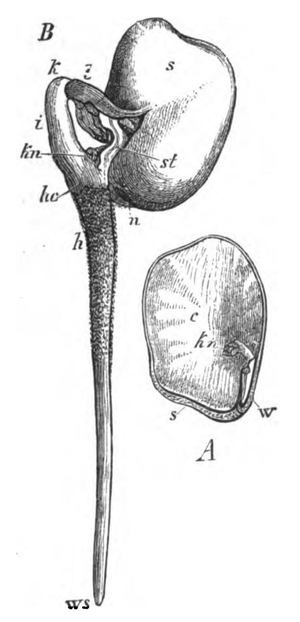


Fig. 265. Keimung von Vicia Faba, *A* reifer Same nach Wegnahme des einen Kotyledons; *s* Samenschale, *c* Kotyledon, *kn* Plumula, *w* Wurzelende. *B* Keimung; *st* Stiele der Kotyledonen; *k* Krümmung des epikotylen Gliedes *i*; *hc* hypokotyles Glied; *h* die Hauptwurzel, *ws* deren Spitze (nach *Sachs*).

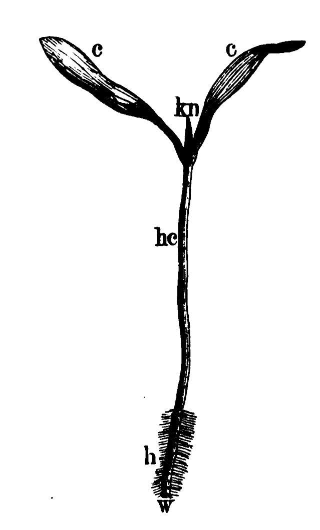


Fig. 266. Keimpflanze des Ahorns (nat. Gr.); *cc* die beiden Kotyledonen, *kn* Plumula, *hc* hypokotyles Glied, *w* Pfahlwurzel mit Wurzelhaaren *h*, unten nicht mehr ganz gezeichnet.

entweder eine mehrblätterige Knospe, z. B. Vicia (Fig. 265 *kn*), oder endigt nackt. — Bei den chlorophyllfreien kleinsamigen Humusbewohnern und Schmarotzern (Monotropa, Orobanche) ist der Embryo ungegliedert und besteht nur aus einer wenigzelligen Gewebemasse.

Bei der Keimung verlängert sich das hypokotyle Glied nach Sprengung der Samenschale so weit, um die Wurzel aus dem Samen hinauszuschieben,

welche nun selbst rasch wächst und eine bedeutende Länge erreicht (Fig. 265 *B*, *h*), während die übrigen Teile noch im Samen verweilen. Die Kotyledonen bleiben nun entweder während der ganzen Keimung im Samen stecken und gehen, nachdem die Nahrungsstoffe aus ihnen in die Pflanze übergegangen sind, zu Grunde (Fig. 265); es strecken sich dabei deren Stiele so weit, dass die Stammknospe, anfangs eingebogen, hinausgeschoben wird und sich später aufrichtet. Gewöhnlich aber (Fig. 266) treten die Kotyledonen aus der Samenschale heraus, ergrünen und fungieren als die ersten Laubblätter der Pflanze.

Die Achse des Keimpflänzchens bleibt häufig auch die Hauptachse der Pflanze, welche, am Gipfel sich verlängernd, zahlreiche schwächere Seitensprosse erzeugt; es kommt aber auch sehr oft vor, dass späterhin Seitenzweige sich ebenso stark entwickeln wie der Hauptstamm. Bei vielen Laubbäumen sind der Stamm und die Zweige Sympodien, indem jährlich die oberste Seitenknospe die Richtung der Mutterachse fortsetzt, während deren Gipfel sich nicht weiter entwickelt. Außerdem bestehen die mannigfaltigsten Einrichtungen, als Rhizome, Ausläufer, Knollen- (seltener Zwiebel-)bildung u. s. w., durch welche das Leben des Individuums an neue Seitenachsen übergeht. — Wo die Keimachse fortan die Hauptachse bleibt, da erreicht auch die Hauptwurzel eine mächtige Entwickelung als Pfahlwurzel, aus welcher die Seitenwurzeln in akropetaler Reihenfolge hervorbrechen; wenn das Längenwachstum der Pfahlwurzel erlischt, treten zahlreiche, adventive Wurzeln an ihren älteren Teilen auf, welche gleich den anderen Seitenwurzeln in mehreren Generationen erzeugen können und so ein mächtiges Wurzelsystem aufbauen.

Die Gefäßbündel des Stammes sind offen und vermitteln durch die Thätigkeit des sich konstituierenden Kambiumringes das Dickenwachstum der kräftigeren Stämme (S. 78). In einzelnen Fällen verlaufen außer diesen zu einem Kreis geschlossenen Strängen noch andere isolierte Stränge durch den Stamm (Begonia, Aralia); oder es finden noch kompliziertere Verhältnisse in der Anordnung der Stränge statt, z. B. bei Piperaceen, Sapindaceen, Menispermaceen, Phytolacca u. a. — Die Verzweigung des Stammes ist fast immer monopodial und axillär.

Die Blätter zeigen in ihren Stellungs- und Formverhältnissen die größte Mannigfaltigkeit. Die Laubblätter sind gewöhnlich in Stiel und Spreite gesondert, stengelumfassende Scheiden kommen seltener vor, dagegen häufig Nebenblätter. Verzweigung des Blattes ist sehr häufig und gewöhnlich schon durch Zähne und andere Einschnitte am Rande angedeutet. — Die Nervatur der Laubblätter ist (mit Ausnahme der dicken fleischigen Blätter) durch die zahlreichen auf der Unterseite vortretenden Nerven und deren zahlreiche krummlinige Anastomosen ausgezeichnet. Gewöhnlich ist ein Mittelnerv vorhanden, welcher rechts und links seitliche Nerven abgiebt.

Die Blüten, welche bei seitlicher Stellung zumeist zwei Vorblätter besitzen, lassen sich nicht auf einen Typus zurückführen, sondern sind ziemlich verschieden gebaut. Die Unterabteilungen, in welche wir in fol-

gendem System die Dikotyledonen einteilen, sind vorzugsweise durch die Verschiedenheiten des Blütenbaues charakterisiert; es ist jedoch unmöglich, scharfe Grenzen zwischen den Reihen, ja teilweise sogar den Familien anzugeben; denn den Platz, welchen eine Pflanze im Systeme einzunehmen hat, entscheidet nicht ein einziger Charakter, sondern die Gesamtheit der Charaktere.

Das Folgende giebt eine Übersicht über die Familien-Reihen der Dikotyledonen.

I. Reihengruppe: Archichlamydeae.

Blüte entweder nackt, oder homoiochlamydeisch, oder heterochlamydeisch, im letzteren Falle mit freien Blumenblättern; bisweilen durch Abort der Krone apetal.

A. Blüten stets klein, unscheinbar, homoiochlamydeisch oder nackt, häufig diklinisch, meist zu kätzchen-, knäuel- oder kolbenförmigen Inflorescenzen zusammengeordnet.

Reihe 1. Piperales. Samen mit Endosperm und Perisperm.
- 2. Verticillatae. Kein Endosperm; nur 1 Fruchtblatt fruchtbar; grundständige Samenanlage; Schließfrucht.
- 3. Juglandales. Kein Endosperm; Fruchtknoten dimer mit grundständiger Samenanlage; Schließ- oder Steinfrucht.
- 4. Salicales. Kein Endosperm; Fruchtknoten dimer mit zahlreichen wandständigen Samenanlagen; Kapsel.
- 5. Fagales. Kein Endosperm; Fruchtknoten mit mehreren wandständigen Samenanlagen; einsamige Schließfrucht.
- 6. Urticales. Meist Endosperm; Fruchtknoten meist monomer; 1 Samenanlage; Schließ- oder Steinfrucht.

B. Blüten homoiochlamydeisch, meist ansehnlich, nicht zu Kätzchen oder ähnlichen Blütenständen vereinigt. Fruchtknoten meist unterständig.

Reihe 7. Proteales. Fruchtknoten oberständig; Perigon vierblätterig. Keine Schmarotzer.
- 8. Santalales. Fruchtknoten unterständig; Samenanlagen fast stets ohne Integument; chlorophyllhaltige oder chlorophyllfreie Schmarotzer.
- 9. Aristolochiales. Fruchtknoten unterständig; Samenanlagen mit Integument; häufig chlorophyllfreie Schmarotzer.

C. Blüten meist zwitterig, homoio- oder heterochlamydeisch; Fruchtknoten oberständig, mit einer grundständigen Samenanlage oder centraler Placenta; Same mit Nährgewebe.

Reihe 10. Ochreatae. Samenanlage einzeln, grundständig, orthotrop.
- 11. Centrospermae. Samenanlagen fast stets campylotrop, grundständig oder an centraler Placenta.

D. Blüten acyklisch, hemicyklisch oder cyklisch, homoio- oder heterochlamydeisch; Staubblätter fast immer zahlreicher als die Perigonblätter, teils spiralig in unbestimmter Anzahl, teils in eucyklischer Verbindung mit der Blütenhülle in meist 2- oder 3zähligen Quirlen; Fruchtknoten fast immer oberständig, vorherrschend apokarp mit zumeist wandständigen Placenten.

Reihe 12. Ranales. Fruchtknoten getrennt, mehrere, seltener einzeln monomer oder synkarp.

- 13. Rhoeadinae. Fruchtknoten synkarp, aus 2 oder mehr Karpellen bestehend, einfächerig oder mehrkammerig; Blüten cyklisch, mit typisch 2zähligen Quirlen.

- 14. Sarraceniales. Fruchtknoten synkarp, ein- oder mehrfächerig; Blätter zum Insektenfang eingerichtet.

E. Blüten vorherrschend eucyklisch, mit Kelch und Krone, Staubblätter meist in zwei der Krone gleichzähligen Kreisen, zuweilen in mehreren oder nur in einem Kreise; Fruchtknoten ober- oder unterständig, ein- oder mehrfächerig, zuweilen apokarp.

a. Fruchtknoten vorherrschend apokarp, zuweilen monomer.
Reihe 15. Rosales. Blüten meist perigyn bis epigyn.

b. Fruchtknoten synkarp, mehrfächerig, oberständig.

Reihe 16. Geraniales. Samenanlagen meist hängend mit ventraler Raphe oder aufsteigend mit dorsaler Raphe.

- 17. Sapindales. Samenanlagen hängend mit dorsaler Raphe oder aufrecht mit ventraler Raphe; Andröceum meist diplostemon.

- 18. Frangulinae. Samenanlagen aufrecht; nur ein epipetaler Staubblattkreis.

- 19. Columniferae. Staubblätter gewöhnlich verzweigt.

c. Fruchtknoten meist einfächerig (mit zuweilen weit vorspringenden Placenten).

Reihe 20. Parietales. Fruchtknoten ober- oder unterständig. Blüten heterochlamydeisch.

- 21. Opuntiales. Fruchtknoten unterständig; Kronenblätter zahlreich.

- 22. Thymelaeales. Blüte perigyn bis epigyn. Samenanlagen wenige im Fach.

d. Fruchtknoten 2- bis mehrfächerig; Blüte perigyn bis epigyn.

Reihe 23. Myrtiflorae. Meist nur 1 Griffel; Blätter meist gegenständig.

- 24. Umbelliflorae. Mehrere Griffel; Blätter meist wechselständig.

II. Reihengruppe. Sympetalae.

Blüten heterochlamydeisch mit verwachsener Krone, selten apetal.

A. Gynäceum isomer.

Reihe 1. Bicornes. Samenanlagen centralwinkelständig; meist 2 Staubblattkreise; Fruchtblätter vor den Kronenblättern stehend.

- 2. Primulinae. Samenanlagen grundständig oder an centraler Placenta; nur 1 epipetaler Staubblattkreis.

- 3. Ebenales. Fruchtknoten gefächert. Fruchtblätter vor den Kelchblättern stehend.

B. Meist nur 2 Karpelle; nur 1 Staubblattkreis.

a. Fruchtknoten oberständig.

Reihe 4. Contortae. Krone mit meist gedrehter Knospenlage; Blätter meist gegenständig.

- 5. Tubiflorae. Blüten oft unregelmäßig; Blätter wechsel- oder gegenständig.

b. Fruchtknoten unterständig.

Reihe 6. Rubiales. Fruchtknoten 2—5fächerig; Blätter gegenständig.

- 7. Aggregatae. Fruchtknoten 1fächerig, zuweilen mit noch 2 verkümmerten Fächern, mit 1 hängenden Samenanlage; Blätter gegenständig.

- 8. Campanulatae. Fruchtknoten 1- oder mehrfächerig, mit mehreren wandständigen oder 1 grundständigen Samenanlage; Antheren zusammenneigend oder verklebt.

1. Reihengruppe. Archichlamydeae.

Blüten nackt, homoio- oder heterochlamydeisch, im letzteren Falle mit freiblättriger Krone, selten apetal. (Bisweilen finden sich auch Formen mit verwachsener Krone).

Reihe 1. Piperales.

Blüten meist nackt, Samenanlage gerade, Same mit Endosperm und meist auch Perisperm. Meist Ölzellen.

Fam. 1. Saururaceae. Fruchtblätter 3—4, frei oder vereinigt, mit wandständigem Samen, Kräuter in Nordamerika und Ostasien.

Fam. 2. Piperaceae. Blüten meist hermaphrodit in Ähren oder Kolben mit häufig schildförmigen Deckblättern; Staubblätter 2, 3 oder 6; Fruchtknoten einfächerig mit einer aufrechten Samenanlage; Beere; der kleine



Embryo liegt vom Endosperm umgeben in einer Vertiefung des reichlichen Perisperms (vgl. Fig. 267).

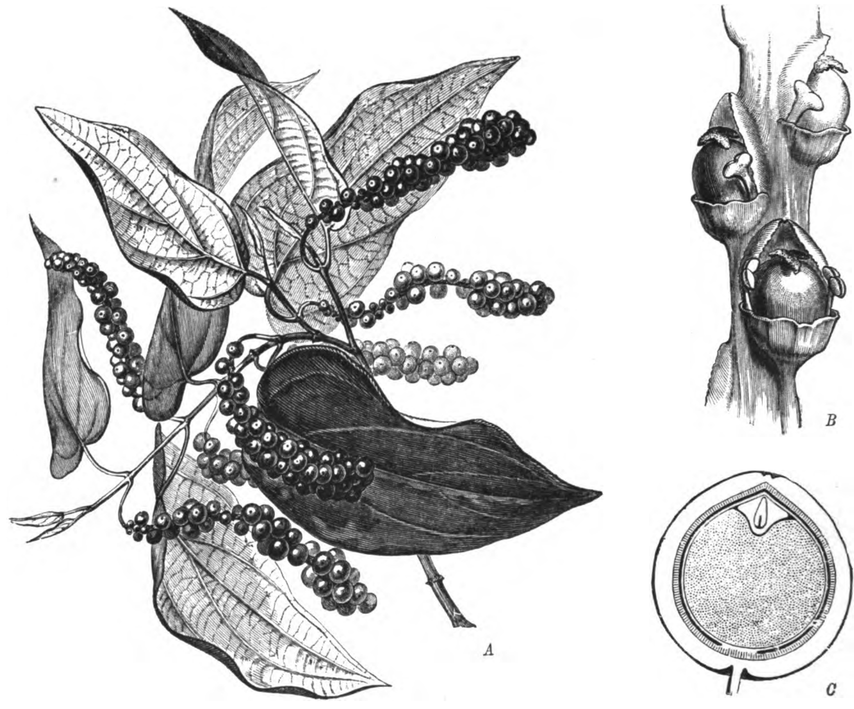


Fig. 267. Piper nigrum in $^2/_3$ nat. Gr.; *B* Teil einer Ähre; *C* Frucht im Längsschnitt, vergr. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Piper nigrum, kletternder Strauch (indisch-malay.); die unreifen, getrockneten Früchte sind der schwarze Pfeffer; der weiße Pfeffer besteht aus den reifen Früchten der nämlichen Pflanze, welche mazeriert und durch Mahlen von der äußersten Schicht befreit sind; P. Betle, Betelpfeffer.

Offizinell: Cubebae, die Früchte von Piper Cubeba (Java); früher auch Piper nigrum und album (s. oben).

Fam. 3. Chloranthaceae. Blüten zuweilen mit Perigon; Fruchtknoten monomer mit einer hängenden Samenanlage; kein Perisperm; Blätter gegenständig. — Tropisch und subtropisch.

Fam. 4. Lacistemaceae.

Reihe 2. Verticillatae.

Fruchtknoten aus einem sterilen und einem fruchtbaren Fruchtblatt bestehend. Samenanlagen gerade, grundständig; kein Endosperm; Schließfrucht. Holzpflanzen.

Fam. Casuarinaceae. Bäume vom Ansehen der Schachtelhalme mit langen, gerieften Internodien und zu einer gezähnten Scheide verwachsenen Blättern. Blüten in eingeschlechtigen Kätzchen, die männlichen aus einem

einzigen Staubblatt und zwei Perigonblättern, die weiblichen aus einem einfächerigen Fruchtknoten mit einem zweiten, verkümmerten Fruchtblatt bestehend, umgeben von zwei Vorblättern, die bei der Reife hart und holzig werden und das ganze Kätzchen einem Coniferenzapfen ähnlich machen. Eigentümliche Befruchtung (S. 232).

Casuarina, vorherrschend australisch.

Reihe 3. Juglandales.

Perigon meist aus 4 Blättern bestehend oder fehlend; Fruchtknoten unterständig, dimer, mit einer aufrechten, geraden Samenanlage; kein Endosperm. Holzpflanzen.

Fam. 1. Juglandaceae. Blüten monöcisch in eingeschlechtigen Kätzchen; jede Deckschuppe trägt eine Blüte mit zwei Vorblättern. Männliche Blüten meist der Deckschuppe aufgewachsen (Fig. 268 *A*), mit unbestimmter Anzahl von Staubblättern. Frucht meist eine Steinfrucht. Blätter gefiedert, ohne Nebenblätter, nebst den Blüten aromatisch.

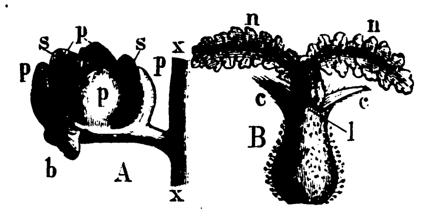


Fig. 268. *A* Schuppe des männlichen Kätzchens (*b*) von Juglans nigra, mit aufgewachsener Blüte; *p* Perigon und Vorblätter, *s* Staubblätter, *x* Kätzchenspindel. *B* weibliche Blüte derselben Pflanze, *l* Vorblätter, *c* Perigon, *n* Narben (vergr.).

Juglans: die männlichen Kätzchen am Ende blattloser Seitensprosse am vorjährigen Trieb, die weiblichen, wenigblütigen bilden das Ende diesjähriger, belaubter Sprosse. Vorblätter der weiblichen Blüte (Fig. 268 *B l*) am Fruchtknoten hinaufgewachsen. Der saftige Teil der Fruchtwand ist nur dünn und springt unregelmäßig auf; die harte Steinschale öffnet sich beim Keimen (sowie künstlich) in der Mittellinie der beiden Fruchtblätter und zeigt innen die eingeschlagenen Ränder der Fruchtblätter in Form einer von unten heraufragenden unvollständigen Scheidewand, welche zwischen die beiden Kotyledonen des sehr unebenen, von der dünnen Samenschale eng umschlossenen Embryos eingreift. J. regia, Wallnussbaum (Griechenland — Himalaya); in Nordamerika J. cinerea und nigra. *Carya* in mehreren Arten, Hickory, mit sehr hartem Holze.

Offizinell: Folia Juglandis von Juglans regia.

Fam. 2. Myricaceae. Sträucher oder Bäume, deren diklinische, zuweilen diöcische Blüten in Kätzchen stehen; kein Perigon; Blätter meist einfach. — *Myrica*; M. cerifera in Nordamerika scheidet auf den Früchten viel Wachs ab.

Fam. 3. Leitneriaceae.

Reihe 4. Salicales.

Blüten nackt; Fruchtknoten dimer, einfächerig, mit zahlreichen, wandständigen, anatropen Samenanlagen; Kapselfrucht; Same ohne Endosperm. Holzpflanzen.

Fam. Salicaceae. Diöcisch; Blüten in Kätzchen, deren Schuppen in den Achseln unmittelbar ohne Vorblätter die Blüten tragen; becherförmiger oder auf einzelne Honigdrüsen reduzierter Discus. Frucht öffnet sich loculicid und entlässt die mit einem Haarschopf an der Basis versehenen Samen

(Fig. 269 *C*). Kätzchen an der Spitze seitlicher Kurztriebe, welche vorher Niederblätter oder auch wenige Laubblätter tragen.

Salix, Weide, mit ganzen Kätzchenschuppen, einer oder zwei Honigdrüsen (Fig. 269 *A*, *B*, *h*), stets ungeteilten, kurzgestielten Blättern und nur einer (aus zweien verwachsenen) Knospenschuppe der Winterknospen. Die den ganzen Sommer über fortwachsenden Langtriebe sterben von der Spitze her alljährlich ab. Einige Arten baumartig, die meisten stets strauchförmig, einige sind winzige niederliegende Sträuchlein der Alpen und des hohen Nordens. — *Populus*, Pappel, mit gezähnten oder zerteilten Kätzchenschuppen, becherförmigem Discus (Fig. 269 *C*, *p*), zahlreichen (4—30) Staubblättern, langgestielten, oft gelappten Blättern und mehreren Knospenschuppen der Winterknospen. Bei der Untergattung Leuce sind die jungen Triebe und Knospen nicht klebrig, meist behaart, die Kätzchenschuppen lang behaart, die männlichen Blüten mit meist nur 4—8 Staubblättern, die Narben armförmig geteilt. Hierher P. alba, Silberpappel, mit unterseits schneeweißfilzigen, am Langtrieb fünflappigen Blättern; P. tremula, Aspe, Zitterpappel. Bei der Untergattung Aigeiros sind die jungen Triebe und Knospen klebrig, kahl, die Kätzchenschuppen kahl, Staubblätter meist 15—30, Narben ganz oder gelappt. P. nigra, Schwarzpappel, und eine Varietät mit aufrechten Ästen, italienische oder Pyramidenpappel.

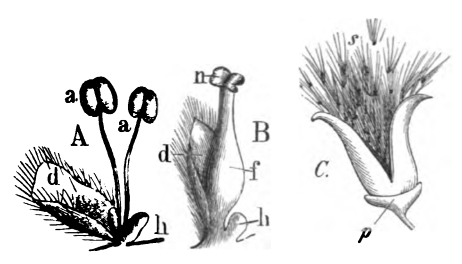


Fig. 269. *A* männliche, *B* weibliche Blüte der Weide, Salix; *d* Kätzchenschuppe, *h* Honigdrüse, *a* Staubblätter, *f* Fruchtknoten, *n* Narben (vergr.). *C* aufspringende Frucht der Pappel; *s* Samen, *p* Discus.

Reihe 5. Fagales.

Perigon, wenn vorhanden, aus 5, 4 oder 6 kelchähnlichen Blättern bestehend; Staubblätter vor den Perigonblättern; Fruchtknoten unterständig, di- oder trimer, mit mehreren, anatropen Samenanlagen; einsamige Schließfrucht; kein Endosperm. — Holzpflanzen.

Fam. 1. Fagaceae. Blüten mit Perigon, dieses aus meist fünf oder sechs Blättern am Grunde verwachsen; Fruchtknoten dreifächerig mit je zwei hängenden Samenanlagen; die einsamigen Schließfrüchte einzeln oder zu mehreren umgeben vom Fruchtbecher, Cupula, d. h. einer ringförmigen Achsenwucherung, die erst mit der Fruchtreife ihre volle Ausbildung erfährt; Staubblätter ungeteilt; Blütenstände in der Achsel diesjähriger Blätter.

Fagus, Buche: Blüten in gestielten, dichasialen Knäueln, die männlichen zahlreich, die weiblichen zu zweien, von einer gemeinsamen Cupula umgeben. Cupula mit borstenförmigen Schuppen besetzt, bei der Reife vierklappig aufspringend, um die beiden dreikantigen Früchte zu entlassen, welche auf der Spitze einen pinselförmigen Rest des Perigons tragen. Die weiblichen Blütenstände auf aufrechtem Stiele in der Achsel je eines Laubblattes an den diesjährigen Gipfeltrieben, die männlichen mit hängenden Stielen in den unteren Blattachseln der Triebe. Blätter zweizeilig, auf der Zweigunterseite einander genähert, die Achselknospen oben genähert, die Winterknospen lang, spitz. Kotyledonen entfalten sich bei der Keimung. Fagus silvatica, Rotbuche (Westeuropa).

Castanea, Edelkastanie: die dichasialen Knäuel zahlreich zu langen, aufrechten Kätzchen vereinigt; die meisten derselben rein männlich, d. h. enthalten nur aus (meist je 7) männlichen Blüten bestehende Knäuel; die obersten der Kätzchen der Jahrestriebe tragen am Grunde einige weibliche Dichasien, welche meist aus je drei Blüten bestehen und von einer gemeinsamen Cupula umschlossen werden; letztere erhält bei der Reife zahlreiche stachelige Anhängsel und entlässt die Früchte durch vierklappiges Aufspringen. Die ungeteilten gezähnten Blätter stehen an den schwächeren Seitenzweigen zweizeilig. C. vulgaris (Mittelmeergebiet), mit essbaren Früchten.

Quercus, Eiche: Blüten einzeln in Kätzchen; die männlichen mit 5—7 blätterigem Perigon (Fig. 270 *A*); die weiblichen werden von der mit Schuppen besetzten Cupula (Fig. 270 *B*, *C*, *c*) umgeben, welche nur den Grund der Frucht als das bekannte Näpfchen umhüllt. Blätter nach $^2/_5$ gegen die Spitze des Jahrestriebes gedrängt, dieser entwickelt stets einen Gipfeltrieb. Die männlichen Kätzchen stehen in der Achsel der obersten Knospenschuppen (Nebenblattpaare) an diesjährigen sowohl Lang- als Kurztrieben, die weiblichen in der Achsel von Laubblättern der Gipfeltriebe; Blütezeit kurz nach dem Laubausbruch. Kotyledonen bleiben bei der Keimung von der Fruchtschale umschlossen. Qu. pedunculata, Stiel- oder Sommereiche, mit gestreckten, weiblichen Kätzchen, deren Früchte also durch lange Strecken der Kätzchenspindel von einander getrennt sind; Blätter kurzgestielt. Qu. sessiliflora, Trauben- oder Wintereiche, mit gedrungenen, weiblichen Kätzchen, deren Früchte also in einem Knäuel beisammen stehen; Blätter länger gestielt mit keilförmiger Basis der Spreite. — Qu. Suber, Korkeiche (mediterran), liefert den Kork.

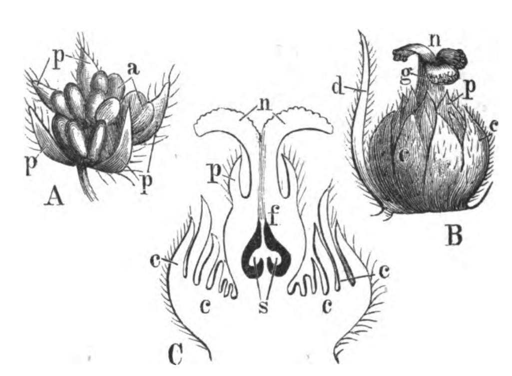


Fig. 270. Quercus pedunculata. *A* männliche Blüte (vergrößert); *p* Perigon, *a* Staubblätter. *B* weibliche Blüte (vergrößert); *d* Deckblatt, *c* Cupula, *p* das oberständige Perigon, *g* Griffel, *n* Narben. *C* dieselbe stärker vergrößert im Längsdurchschnitt, *f* Fruchtknoten, *s* Samenanlagen.

Offizinell: Cortex Quercus, Rinde von Quercus pedunculata (Fig. 270) und sessiliflora; Gallae, die durch den Stich eines Insektes zu Gallen umgewandelten Knospen der orientalischen Form von Quercus lusitanica.

Fam. 2. Betulaceae. Blüten oft ohne Perigon; Fruchtknoten zweifächerig, mit je zwei hängenden Samenanlagen; einsamige Schließfrucht; Staubblätter oft zweiteilig. Blüten in Dichasien, diese zu Kätzchen geordnet. In der Achsel jeder an der Kätzchenspindel stehenden Deckschuppe (Fig. 271 *d*) sitzt eine Blüte (*b*) mit zwei Vorblättern α und β; in deren Achseln je wieder eine Blüte (b') mit den Vorblättern α' und β'; doch sind nicht immer alle drei Blüten und (abgesehen von der Deckschuppe) sechs Hochblätter entwickelt. Blätter einfach, mit Nebenblättern.

1. Coryleae. Männliche Blüten ohne Perigon, einzeln der Deckschuppe aufgewachsen; weibliche Blüten mit Perigon, unterständigem Fruchtknoten, zu zweien (es fehlt die Mittelblüte); die 3 Vorblätter jeder Seitenblüte (α α' β', beziehungsweise β α' β') wachsen der Frucht als Hülle an.

Carpinus, Hain- oder Weißbuche: diese drei Blätter in den drei Lappen der Frucht (Fig. 272) sofort zu erkennen; Deckschuppen des männlichen Kätzchens tragen

ohne Vorblätter 4—10 tiefgespaltene Staubblätter. Beiderlei Kätzchen stehen an der Spitze diesjähriger beblätterter Kurztriebe, daher Blütezeit erst nach der Belaubung. Blätter zweizeilig, Jahrestriebe sympodial verbunden. C. Betulus, Hainbuche (Mitteleuropa, Vorderasien). — *Ostrya*, Hopfenbuche, in Südeuropa und Nordamerika; Fruchthülle zu einem nur oben offenen Schlauch verwachsen.

Corylus, Hasel: das weibliche Kätzchen endständig auf einem Zweige, der zur Blütezeit sich noch im Knospenzustande befindet und nur die roten Narben zwischen den Schuppen vorragen lässt (Fig. 273 *A* ♀). Hülle der Frucht, fast nur aus α' und β' bestehend, unregelmäßig zerschlitzt; auf der Frucht, der Haselnuss, ein kleines

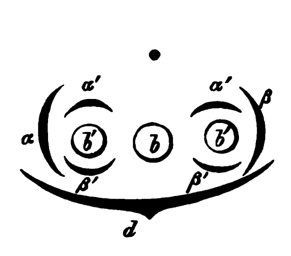


Fig. 271. Diagramm der dichasischen Blütengruppe der Betulaceen, *d* Deckschuppe, *b* die Mittelblüte mit den Vorblättern α und β, *b' b'* die beiden Seitenblüten mit den Vorblättern α' und β'.



Fig. 272. Frucht mit Hülle von Carpinus Betulus.

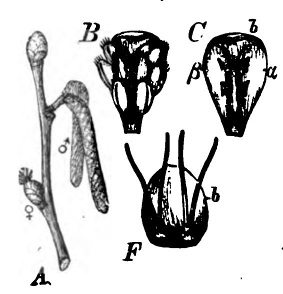


Fig. 273. Corylus Avellana; *A* blühender Zweig, *B* männliche Blüte mit Deckschuppe von oben; *C* dieselbe nach Wegnahme der Antheren; *F* weibliche Blütengruppe von innen; *b* Deckschuppe.

Spitzchen als Rest des Perigons. Deckschuppen der männlichen Kätzchen tragen zwei Vorblätter α und β (Fig. 273 *C*) und vier bis zum Grunde geteilte (daher scheinbar acht) Staubblätter (Fig. 273 *B*, *C*). Männliche Kätzchen an blattlosen Kurztrieben, überwintern frei (Fig. 273 *A* ♂). Blätter zweizeilig. C. Avellana, Haselnuss (Europa).

2. Betuleae. Männliche Blüten mit Perigon, in dreiblütigen Dichasien der Deckschuppe aufgewachsen; weibliche Blüten ohne Perigon; ihre Vorblätter (die Vorblätter α' fehlen stets) verwachsen mit der Deckschuppe zu einer drei- oder fünflappigen Schuppe, welche mit der Frucht nicht zusammenhängt.

Fig. 274. Alnus glutinosa; *A* kätzchentragender Zweig im Winter; *B* eine männliche Blütengruppe von oben; *C* dieselbe nach Wegnahme der Blüten von der Seite; *E* weibliche Blütengruppe von innen; *F* dieselbe nach Wegnahme der Blüten; *G* Schuppe des Fruchtkätzchens von oben; *b* Deckschuppe; $\alpha \beta \beta'$ Vorblätter.

Betula, Birke. In beiderlei Kätzchen sind die drei Blüten nur mit den Vorblättern α und β entwickelt; in den männlichen Blüten das Perigon meist unvollzählig und nur zwei Staubblätter entwickelt, diese aber tief zweispaltig; in den weiblichen Kätzchen verwachsen die beiden Vorblätter mit der Deckschuppe zu einer dreilappigen Schuppe, die mit den ringsgeflügelten Früchten abfällt. Nur die männlichen Kätzchen überwintern bei unseren baumförmigen Arten nackt an der Spitze vorjähriger Triebe; die weiblichen stehen auf der Spitze seitlicher Kurztriebe mit wenigen Laubblättern in der Winterknospe eingeschlossen; daher Blütezeit erst nach der Belaubung; Blätter spiralig. — B. verrucosa mit weißen Drüsen an den jungen Trieben und Blättern; B. pubescens ohne Drüsen mit behaarten Trieben (Europa, Sibirien).

Alnus, Erle. In den männlichen Kätzchen auf der Deckschuppe die drei Blüten mit vier Vorblättern, jede Blüte mit vier Perigonblättern und vier ungeteilten Staubblättern (Fig. 274 *B*, *C*); in den weiblichen fehlt die Mittelblüte auf jeder Deckschuppe; die vier Vorblätter verwachsen mit der Deckschuppe zu einer fünflappigen, holzigen Schuppe (Fig. 274 *E*, *F*, *G*), die nach dem Abfallen der meist ungeflügelten Früchte an der Kätzchenspindel stehen bleibt. Männliche Kätzchen am Ende, weibliche auf dem obersten Seitenzweig der vorjährigen Triebe, überwintern beide frei, ohne von Knospenschuppen eingeschlossen zu sein (Fig. 274 *A*), und blühen vor dem Laubausbruch. Blätter meist nach $^1/_3$ Divergenz gestellt.

Reihe 6. Urticales.

Blüten meist diklinisch, in verschiedenartigen Blütenständen. Perigon fast immer vorhanden, kalicinisch aus fünf oder vier Blättern bestehend; Staubblätter vor den Perigonblättern. Fruchtknoten oberständig, monomer, einfächerig, oft noch ein rudimentäres zweites Fruchtblatt in Form eines zweiten Griffels vorhanden. Eine Samenanlage in verschiedener Lage. Same meist mit Endosperm. — Blätter besitzen meist eine rauhe Behaarung; die Blütenstände stehen oft zu zweien seitlich an einem laubigen Mitteltriebe, welcher aus der Achsel eines Laubblattes entspringt. Häufig Cystolithen.

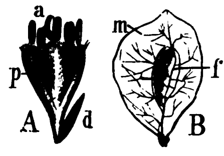


Fig. 275. *A* Blüte, *B* Frucht von Ulmus montana, *d* Deckblatt, *p* Perigon, *a* Staubblätter; *f* die Frucht, *m* deren Flügelsaum (*A* vergr., *B* nat. Gr.).

1. Fam. Ulmaceae. Blüten eingeschlechtlich oder zwitterig mit vier- bis sechsspaltigem Perigon (Fig. 275 *A*). Eine hängende Samenanlage. Schließfrucht zuweilen steinfruchtartig oder geflügelt. Holzpflanzen ohne Milchsaft, mit abfallenden Nebenblättern. Einzelblüten oder kleine cymöse Blütenstände in den Blattachseln, nicht seitlich an einem Mitteltrieb.

Ulmus, Ulme, Rüster; die zwitterigen Blüten in Knäueln, von Knospenschuppen umgeben, in den Blattachseln vorjähriger Blätter; in der Achsel der inneren dieser Knospenschuppen stehen eine oder mehrere Blüten; diese entfalten sich schon vor dem Laubausbruche. Von einem breiten Flügelsaum umgebene Schließfrucht (Fig. 275 *B*). Blätter zweizeilig, stets unsymmetrisch, die Jahrestriebe ohne Gipfelknospe, daher ihre Aneinanderreihung sympodial. — *Celtis*, Zürgelbaum, zuweilen als Zierbaum kultiviert, mit polygamen, einzeln oder zu mehreren in den Achseln der unsymmetrischen Laubblätter stehenden Blüten und Steinfrucht.

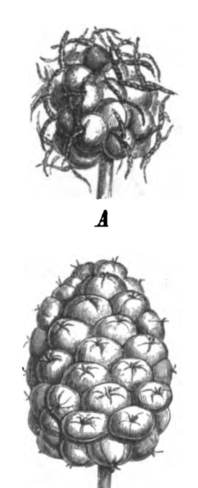


Fig. 276. Morus alba. *A* Blütenstand, *B* Fruchtstand. (Nach *Natürl. Pflanzenfam.*)

Fam. 2. Moraceae. Samenanlage hängend, anatrop oder kampylotrop, seltener basilär, gerade. Same mit oder ohne Endosperm. Frucht vom fleischig werdenden Perigon umgeben oder in eine fleischige Blütenstandsachse eingesenkt; Staubfäden in der Knospe gerade oder eingebogen, eine

oder zwei Narben. Bäume oder Sträucher mit Milchsaft, zerstreuter Blattstellung, abfallenden Nebenblättern.

Morus alba und nigra, Maulbeerbaum aus Ostasien, vielfach kult. (Fig. 276); kätzchenförmige Blütenstände meist nur einzeln an dem zur Blütezeit noch knospenförmigen Mitteltrieb; sie enthalten nur Blüten von einerlei Geschlecht (aber monöcisch); die weiblichen werden bei der Fruchtreife durch die einander berührenden Perigone zu Scheinbeeren; Blätter, namentlich der erstgenannten Art, dienen als Futter der Seidenraupe. — *Broussonetia* papyrifera, Papiermaulbeerbaum, ebenso, nur diöcisch; die Rinde wird in China und Japan zur Papierbereitung verwendet. — *Chlorophora* tinctoria in Zentralamerika liefert Gelbholz. — *Ficus* Carica, Feigenbaum (Mittelmeergeb.); die Feige ist die hohle Achse des Blütenstandes, an deren innerer Oberfläche die Blüten und später die Früchte in Form harter Körnchen sitzen; oben ist die Höhlung durch kleine Hochblätter verschlossen. F. elastica, Gummibaum; F. religiosa und andere ostindische Arten liefern Kautschuk, der aus dem eingedickten Milchsaft gewonnen wird. — *Artocarpus* incisa, Brotbaum (Fig. 277), auf den Südseeinseln; die kopfgroßen Scheinfrüchte (Fruchtstände) werden geröstet und wie Brot gegessen. — *Galactodendron* utile, Kuhbaum, in Columbien, mit genießbarem, *Antiaris* toxicaria in Java mit sehr giftigem Milchsaft.

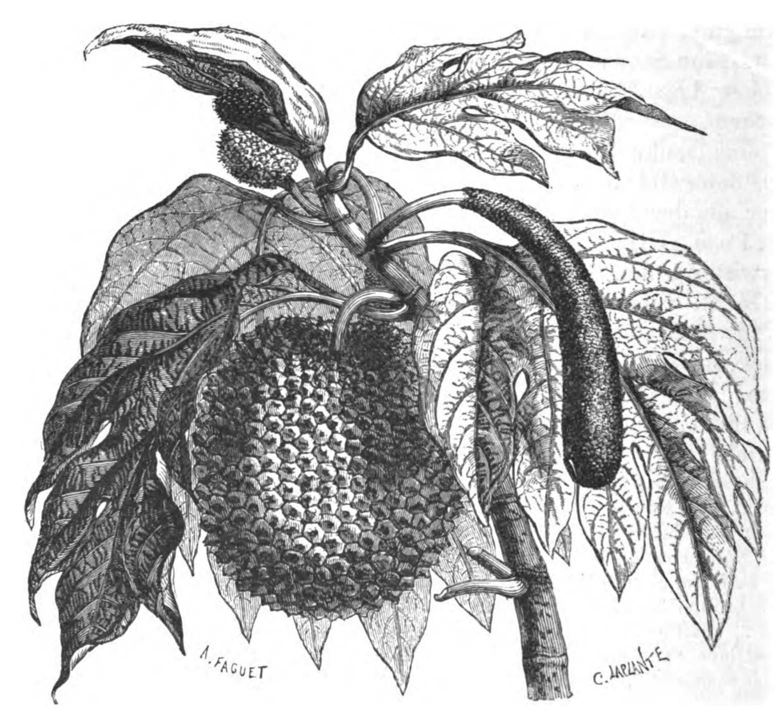


Fig. 277. Artocarpus incisa, Brotfruchtbaum. (Nach *Baillon*.)

Fam. 3. Cannabaceae. Samenanlage hängend, kampylotrop. Blüten diöcisch, in rispigen Blütenständen. Die männlichen Blüten (Fig. 278 *A*) mit fünfteiligem Perigon und fünf kurzen, in der Knospe geraden Staubblättern. Die weiblichen Blüten mit röhrigem, ungeteiltem Perigon (Fig. 278 *B*, *p*), vom Deckblatt (Fig. 278 *B*, *d*) eingehüllt; 2 Narben. Kräuter mit

handförmig genervten Blättern und bleibenden Nebenblättern, ohne Milchsaft.

Cannabis sativa, Hanf, stammt aus Asien. Die männlichen Inflorescenzen sind rispenartige Dichasien und Wickel und stehen beiderseits des am Gipfel der Pflanze nur rudimentären Mitteltriebs; die weiblichen Blüten stehen einzeln zu beiden Seiten des Mitteltriebs, der in seinen weiteren Blattachseln immer wieder Mitteltriebe mit je zwei Blüten erzeugt. Die starken Bastfasern werden zu Gespinnsten verwendet; die Früchte enthalten viel Öl. — *Humulus* Lupulus, Hopfen. Der rechtswindende Stengel trägt Blattpaare mit zwei Nebenblattpaaren. In der Hochblattregion Blätter einzeln und nur noch auf ihre Nebenblätter reduziert. Im weiblichen Gesamtblütenstand, der das Aussehen eines Zapfens besitzt, steht in der Achsel eines jeden Nebenblattpaares ein rudimentärer Mitteltrieb mit jederseits zwei Blüten; so entsteht der Schein, als ständen in der Achsel jeder einzelnen Schuppe (Nebenblattes) zwei Blüten (Fig. 278 *B*). Alle Hochblätter sind besonders oberseits mit zahlreichen, gelben Drüsen besetzt. In den männlichen Gesamtblütenständen entwickelt sich der auch weiterhin blütentragende Mitteltrieb stärker als die beiden Blütenzweige an seiner Basis.

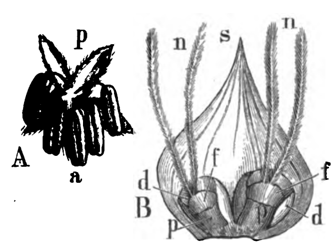


Fig. 278. *A* männliche Blüte des Hopfens, *p* Perigon, *a* die Staubblätter. *B* weibliche Blüten derselben Pflanze, *p* deren Perigon, *f* der Fruchtknoten mit je zwei Narben *n*; jede Blüte wird von ihrem Deckblatt *d* umfasst; *s* die Schuppe, d. h. das eine der beiden Nebenblätter, aus deren gemeinsamer Achsel der blütentragende Zweig entspringt (vergr.).

Fam. 4. Urticaceae. Samenanlage aufrecht, gerade. Same mit Endosperm; Staubfäden in der Knospe einwärtsgebogen; nur eine Narbe. Meist Kräuter oder Stauden ohne Milchsaft, häufig mit Brennhaaren. Blüten polygam, monöcisch oder diöcisch, in rispenartigen oder knäuelförmigen Blütenständen.

Urtica, Brennessel (Fig. 279); an der ganzen Pflanze Brennhaare. Die zwei inneren Perigonblätter der weiblichen Blüten größer als die äußeren (Fig. 280 *B*). —

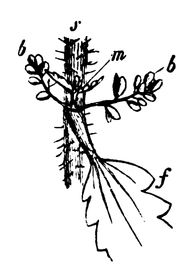


Fig. 279. Stück des Stengels *s* von Urtica urens mit einem Laubblatt *f*, in dessen Achsel der Spross *m* und die beiden Blütenstände *b* stehen (nat. Gr.).

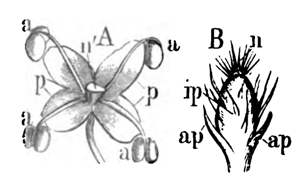


Fig. 280. *A* männliche, *B* weibliche Blüte von Urtica; *p* Perigon, *a* Staubblätter, *n'* verkümmerter Fruchtknoten der männlichen Blüte; *ap* äußere, *ip* innere Perigonblätter, *n* Narbe der weiblichen Blüte (vergr.).

Parietaria mit polygamen Blüten, symphyllem Perigon, ohne Brennhaare. — *Böhmeria* nivea in China und Japan wird wegen der starken Bastfasern zu Gespinnsten (Ramié) verwendet.

Reihe 7. Proteales.

Nur eine Familie:

Fam. Proteaceae. Blüten meist zwitterig; Fruchtknoten oberständig, meist mit besonderem Stiel (Fig. 281 *C gp*), monomer, Perigon kronenartig, aus vier am Grunde röhrig verwachsenen Blättern bestehend, welchen meist die Staubfäden angewachsen sind; Samen ohne Endosperm. Meist Holzpflanzen ohne Nebenblätter.

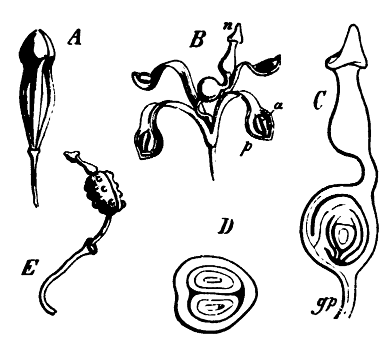


Fig. 281. Blüte von Manglesia glabrata; *A* vor dem Aufblühen; *B* geöffnet, *p* Perigonzipfel, *a* Anthere, *n* Narbe; *C* Fruchtknoten, unten der Länge nach durchschnitten. *gp* Gynophor. *D* Querschnitt des Fruchtknotens. *E* reife Frucht (nach *Sachs*.).

Protea, *Grevillea*, *Manglesia* u. a., die meisten in Südafrika und Australien.

Reihe 8. Santalales.

Staubblätter in gleicher Anzahl den Perigonblättern superponiert. Fruchtknoten unterständig. Samenanlage fast stets ohne Integument. — Chorophyllhaltige Schmarotzer mit ungeteilten Laubblättern, seltener chlorophyllfrei (Fam. 3).

Fam. 1. Loranthaceae. Blüten diklinisch oder zwitterig. Samenanlage aufrecht, mit der Fruchtknotenwandung verwachsen. Perigon meist vier- oder sechsgliederig. Beere.

Viscum album, Mistel, schmarotzt auf verschiedenen Bäumen, auf denen sie sich als dichter immergrüner Strauch bemerkbar macht. Der Stamm trägt ein Paar gegenständige Blätter, aus deren Achseln Zweige mit einem Niederblattpaar und wieder einem Laubblattpaar kommen; die Zweige erlöschen an der Spitze oder schließen mit einem dreiblütigen Blütenstand ab; aus den Achseln der Niederblätter können noch weitere Zweige oder Blütenstände entspringen. Pflanze diöcisch. Einsamige Beere mit klebrigem, viscinhaltigem Pericarp, durch welches die Samen von den Vögeln an die Zweige geklebt, und so die Pflanze weiter verbreitet wird. In den männlichen Blüten sind die vielfächerigen Staubbeutel den Perigonzipfeln aufgewachsen. — *Loranthus* u. a.

Fam. 2. Santalaceae. Blüten meist zwitterig. Samenanlage hängend an einer zentralen Placenta. Perigon drei- bis fünfgliedrig. Nuss oder Steinfrucht.

Thesium, Kräuter, die auf den Wurzeln anderer Pflanzen vermittelst Haustorien (S. 108) schmarotzen; Deckblätter der traubigen Blüten meist am Blütenstiel bis unter die Blüte hinaufgerückt und bei den meisten Arten mit den Vorblättern zusammen eine dreiblätterige Hülle bildend. Staubblätter fadenförmig, dem Grunde der Perigonzipfel eingefügt. Perigon eingerollt, auf der Spitze der Schließfrucht erhalten. — *Santalum* album (indisch-malayisch) liefert Santelholz.

Fam. 3. Balanophoraceae. Chlorophyllfreie Schmarotzer ohne Laubblätter mit Rhizom, welches der Wurzel der Nährpflanze aufsitzt. Blüten diöcisch oder monöcisch, in reichblütigen Inflorescenzen. Weibliche Blüten meist nur aus einem einfächerigen ein- oder wenigsamigen Fruchtknoten bestehend. Samenanlage ohne Integument (außer Cynomorium), meist mit dem Fruchtknoten völlig verwachsen. Embryo sehr klein.

Balanophora in den Tropen der alten Welt; *Lophophytum* in Brasilien u. a.; *Cynomorium* coccineum findet sich auch in der Mittelmeerregion.

Zu den Santalales gehören auch die Myzodendraceae, Grubbiaceae, Olacaceae.

Reihe 9. Aristolochiales.

Fruchtknoten unterständig. Samenanlage mit Integument. Oft chlorophyllfreie Parasiten.

Fam. 1. Aristolochiaceae. Blüten zwitterig; Perigon kronenartig, aus drei Blättern verwachsen; Staubblätter sechs oder zahlreich; Fruchtknoten unterständig, sechsfächerig; Samenanlagen in Längsreihen in den inneren Ecken der Fächer. Embryo klein, in der Mitte des Endosperms. Kletternde oder kriechende Pflanzen mit großen Laubblättern.

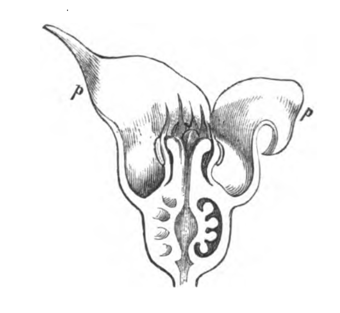


Fig. 282. Asarum europaeum, Längsschnitt der Blüte (vergr.). *p* Perigon (nach *Sachs*).

Asarum: die drei Zipfel des Perigons einander gleich, 12 Staubblätter mit verlängertem Konnektiv, frei (Fig. 282). Die Jahrestriebe des kriechenden Rhizoms tragen 4 Schuppenblätter und zwei Laubblätter und schließen mit einer Blüte ab; die Seitenzweige entspringen aus der Achsel des oberen Laubblattes und der Niederblätter.

Aristolochia (s. Fig. 282 S. 230): Perigon häufig in eine einseitige Zunge ausgebreitet, 6 sitzende Antheren mit dem Griffel zu einer Säule verwachsen; Blüten bei A. Clematitis zu mehreren in den Blattachseln, bei A. Sipho zu zweien nebst einem Laubtrieb übereinander in einer Blattachsel des vorjährigen Triebes.

Fam. 2. Rafflesiaceae. Blüten meist eingeschlechtig, die weiblichen in der Mitte mit einer die Narbe tragenden Säule; Fruchtknoten einoder mehrfächerig, mit zahlreichen, an der Wand entspringenden Samenanlagen; Embryo wenig gegliedert; der Vegetationskörper ein myceliumartig in der Nährpflanze wachsender Thallus.

Rafflesia zeichnet sich durch die kolossalen Dimensionen ihrer Blüte aus, auf Wurzeln von Cissus-Arten in Ostindien. — *Cytinus* Hippocistis auf den Wurzeln von Cistus in Südeuropa. — *Apodanthes* (Fig. 112 S. 108).

Fam. 3. Hydnoraceae. Blüten zwitterig; die Staubblätter mit den Perigonblättern alternierend, unter sich verwachsen; Fruchtknoten mit zahlreichen gruppenweise genäherten Placenten; Vegetationskörper ein der Nährpflanze aufsitzendes Rhizom.

Hydnora schmarotzt auf den Wurzeln von Euphorbien u. a. in Afrika; *Prosopanche* in Argentinien.

Reihe 10. Ochreatae.

Samenanlage einzeln grundständig, orthotrop.

Fam. Polygonaceae. Blüten (Fig. 283 *B*, 284 *A—C*) mit vier-, fünf- oder, meist sechsblätterigem Perigon von kalicinischer oder korollinischer Beschaffenheit und typisch ebenso vielen superponierten Staubblättern, die aber häufig teilweise verdoppelt sind oder fehlschlagen. Fruchtknoten meist trimer, einfächerig, mit einer grundständigen, geraden Samenanlage. Blätter mit stark entwickelter Scheide (Fig. 283 *A*, *v*) und röhrenförmig verwachsenen Nebenblättern, der Ochrea (Fig. 283 *A*, *o*), welche den Stengel noch oberhalb der Blattscheide eine Strecke weit umgiebt.

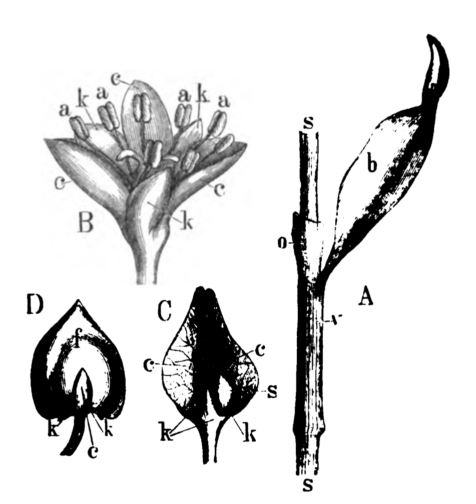


Fig. 283. *A* Stück des Stengels (*s*) von Polygonum mit einem Blatt *b*, dessen Scheide *v* und der Ochrea *o* (nat. Gr.), *B* Blüte von Rheum, *k* äußerer, *c* innerer Perigonquirl, *a* die Staubblätter. *C* Frucht von Rumex vom heranwachsenden inneren Perigon *c* ganz eingehüllt, *s* Schwiele des einen Perigonblattes. *k* äußere Perigonblätter, *D* Frucht von Rheum *f*, *k* äußeres, *c* inneres Perigon (vergr.).

Rheum, mit sechs, (drei äußeren, drei inneren) kalicinischen Perigonblättern und zwei Staubblattkreisen, deren äußerer durch Verdoppelung sechszählig, der innere dreizählig ist. — *Rumex*, Ampfer, mit ganz ähnlichem Blütenbau, nur die inneren Staubblätter fehlen. Früchte vom heranwachsenden inneren Perigon völlig eingeschlossen (Fig. 283 *C*); enthält viel Oxalsäure. — *Polygonum* mit fünf, meist korollinischen Perigonblättern und verschiedener Anzahl von Staubblättern. — *Fagopyrum*, Buchweizen (Centralasien), wird wegen der mehlreichen Früchte in vielen Gegenden gebaut.

Offizinell: Radix Rhei, der Wurzelstock von Rh. officinale, in Tibet und Westchina (Fig. 284).

Reihe 11. Centrospermae.

Samenanlagen fast stets gekrümmt, grundständig oder an zentraler Placenta.

Fam. 1. Chenopodiaceae. Blüten mit meist fünfzähligem, kalicinischem Perigon, fünf superponierten Staubblättern und meist dimerem, einfächerigem Fruchtknoten mit einer grundständigen, kampylotropen Samenanlage. Blüten klein, meist zu dichten, cymösen Blütenständen vereinigt. Blätter wechselständig; keine Nebenblätter; die Vorblätter häufig unterdrückt. Fast durchgehend anomale Stammstruktur (S. 85).

Chenopodium, häufige Ruderalpflanzen. — *Spinacia* oleracea, Spinat, als Gemüsepflanze kultiviert. — *Beta* vulgaris, kultiviert als var. Cicla, Mangold, altissima,

Runkelrübe, zur Zuckerfabrikation, und rubra, rote Rübe. — *Salsola* und verwandte Pflanzen von fleischigem Habitus bilden einen Hauptbestandteil der Seestrandvegetation; liefern Soda.

Offizinell: Saccharum, Zucker, aus Beta vulgaris.

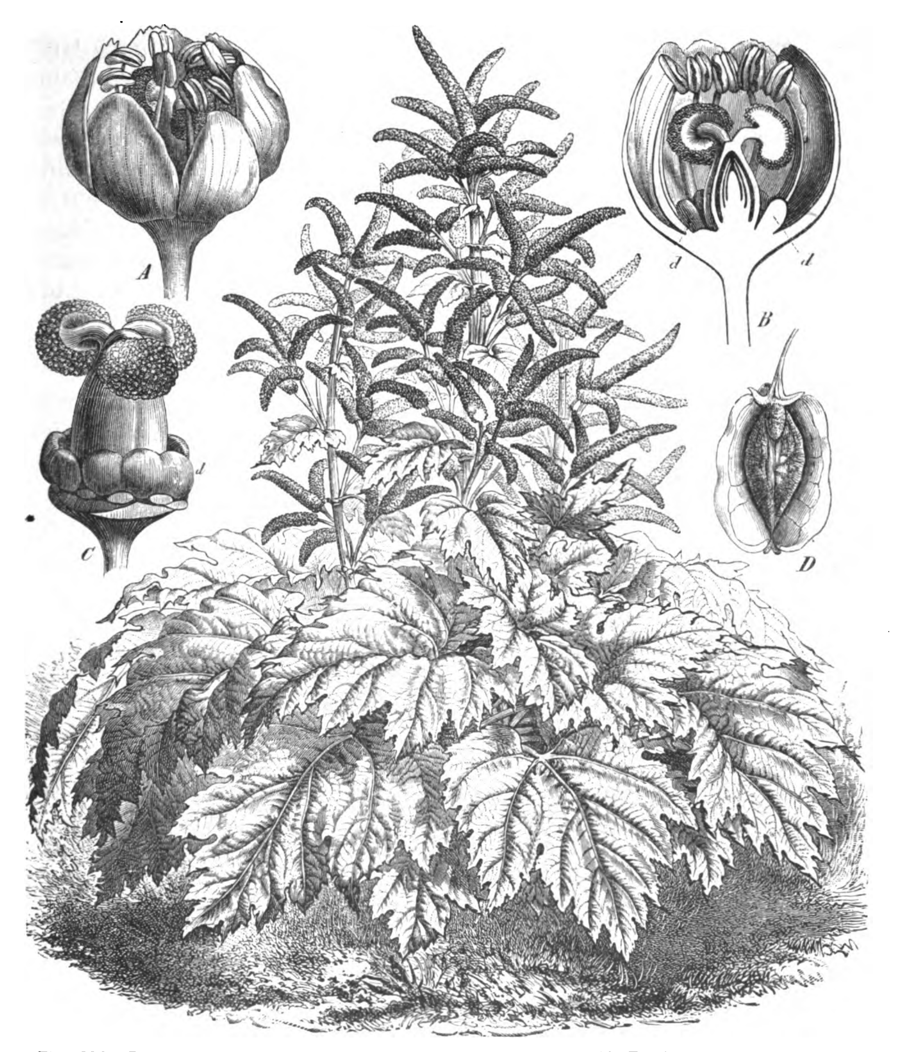


Fig. 284. Rheum officinale, Habitusbild und Analysen. — *D* halbreife Frucht von Rh. compactum. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Fam. 2. Amarantaceae. Blüten von demselben Bau, wie in der vorigen Familie, aber die Perigonblätter häufig trocken, oft gefärbt, meist mit ebenso beschaffenen Vorblättern, zuweilen mit zahlreichen Samenanlagen. Blätter wechselständig, ohne Nebenblätter. Meist dichte Blütenstände.

Amarantus, *Celosia*, letztere meist mit monströs verbreiterter Inflorescenzachse, Hahnenkamm, und andere.

Fam. 3. Phytolaccaceae. Blüten mit meist fünfzähligem, oft korollinischem Perigon, oft zwei Staubblattkreisen, deren Glieder oft verdoppelt; Karpelle in sehr wechselnder Zahl, apokarp oder einen mehrfächerigen Fruchtknoten mit je einer Samenanlage und je einem Griffel bildend. Nebenblätter bisweilen vorhanden. Raphiden. Abnorme Stammstruktur.

Phytolacca decandra (Nordamerika); Beeren zum Färben (des Weins) verwendet.

Fam. 4. Nyctaginaceae. Blüten mit aus 5 Blättern verwachsenem, korollinischem Perigon, welches in seinem unteren Teile stehen bleibt und die Fruchthülle (Anthocarp) bildet; Staubblätter in größerer oder geringerer Anzahl, Fruchtknoten monomer einfächerig mit einer kampylotropen Samenanlage; die Terminalblüten werden von einer kelchartigen, aus Hochblättern gebildeten Hülle umgeben, die seitlichen nicht.

Mirabilis Jalapa (Mexiko) Zierpflanze; Wurzel mit der echten Jalapawurzel verwechselt.

Fam. 5. Aizoaceae. Blüten mit Perigon, meist vielen Staubblättern, deren äußere oft zu kronenblattähnlichen Staminodien werden, mehrfächerigem, zuweilen unterständigem Fruchtknoten. Abnorme Stammstruktur.

Mesembrianthemum mit fleischigen Blättern, vorzugsweise in Südafrika.

Fam. 6. Portulacaceae. Kelch meist aus 2, Krone aus 5 Blättern gebildet (eigentlich 2 Vorblätter und kronenartiges Perigon); meist 5 epipetale Staubblätter; Fruchtknoten meist trimer, einfächerig; Frucht kapselartig. Kräuter mit zerstreuten Blättern, sehr hinfälliger Krone.

Portulaca oleracea (Mittelmeergebiet). — *Montia* mit sympetaler, einseitig geschlitzter Krone.

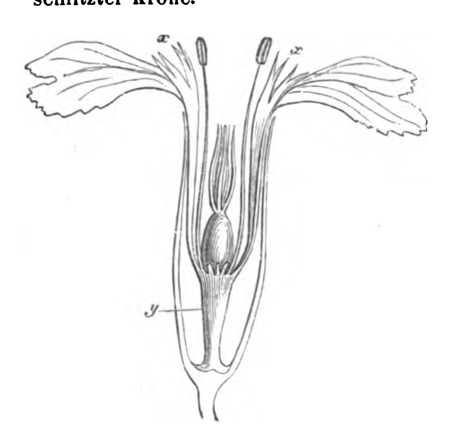


Fig. 285. Längsschnitt der Blüte von Lychnis Flos Jovis; *y* das verlängerte Achsenglied zwischen Kelch und Krone; *x* Nebenkrone (nach *Sachs*).

Fam. 7. Caryophyllaceae. Blüten meist fünfgliederig, mit Kelch und Krone, letztere jedoch bisweilen abortiert, zwei Staubblattkreisen, von denen häufig der innere fehlt; Fruchtknoten aus 2, 3 oder 5 Karpellen gebildet, einfächerig oder nur am Grunde mit Scheidewänden; mit zentraler Placenta oder nur einer grundständigen Samenanlage. Frucht meist eine Kapsel. Blätter meist dekussiert.

Unterfam. 1. Silenoideae. Kelch verwachsen; Krone und innerer Staubblattkreis immer vorhanden. Kapsel (nur bei Cucubalus Beere). Blätter ohne Nebenblätter. Häufig ist zwischen Kelch und Krone die Blütenachse gestreckt (Fig. 285 *y*). Kronenblätter häufig mit Nebenkrone (Fig. 285 *x*).

Dianthus, Nelke, mit 2 Karpellen; Kelch von Hochblättern umgeben. — *Saponaria* mit 2 Karpellen, ohne Hochblätter; S. officinalis, Seifenwurzel. — *Silene* mit

3 Karpellen. — *Melandrium* (mit 5 Karpellen) oft diöcisch. — *Agrostemma* in Getreidefeldern.

Unterfam. 2. Alsinoideae. Kelch freiblätterig, Staubblätter häufig perigyn.

a) Frucht eine mit Zähnen sich öffnende Kapsel: *Sagina, Arenaria, Alsine, Cerastium, Stellaria* u. a., deren Arten meist mit weißen Kronenblättern; die Gattungen unterscheiden sich hauptsächlich durch die Anzahl der Fruchtblätter und das Aufspringen der Frucht. — *Spergula* hat Nebenblätter.

b) Schließfrucht; Krone und innerer Staubblattkreis fehlen häufig ganz oder teilweise: *Herniaria, Paronychia* mit Nebenblättern, *Scleranthus* ohne Nebenblätter.

Zu den Centrospermae gehören noch die Familien: Basellaceae, Batidaceae und Cynocrambaceae.

Reihe 12. Ranales.

Gynäceum apokarp, seltener nur ein Fruchtblatt; selten synkarp. Samen meist mit Endosperm. Bisweilen Ölschläuche.

Fam. 1. Nymphaeaceae. Blüten acyklisch oder cyklisch gebaut, Fruchtknoten mehrere, apokarp, oder einer synkarp, zuweilen unterständig, mit meist flächenständigen Samenanlagen. Same meist mit Endosperm und Perisperm. Wasserpflanzen mit meist schwimmenden, großen Blättern, einzelnen Blüten. Ölschläuche fehlen.

Unterfam. 1. Cabomboideae. Fruchtknoten getrennt, 3—18; 3 Kelch-, 3 Kronenblätter; Samen mit Endosperm und Perisperm; die schwimmenden Blätter schildförmig, die untergetauchten meist vielspaltig. — *Cabomba* in Amerika. — *Brasenia* in allen Weltteilen außer Europa.

Unterfam. 2. Nelumbonoideae. Fruchtknoten getrennt, dem Blütenboden eingesenkt, mit einer hängenden Samenanlage; Perigonblätter zahlreich; Samen ohne Endosperm; Blätter schildförmig, über dem Wasser stehend. *Nelumbium* (indischer Lotos) im wärmeren Amerika und Asien.

Unterfam. 3. Nymphaeoideae. Ein polymerer, synkarper Fruchtknoten ober- oder unterständig. Rhizom am Grunde der Gewässer, treibt langgestielte Blätter, die auf der Oberfläche des Wassers schwimmen. Blüte ebenfalls auf langem Stiel über das Wasser emporgehoben.

Nuphar, Kelch aus fünf grünlichgelben Blättern bestehend, Kronenblätter kleiner, gelb, meist 13, daran schließen sich die zahlreichen, spiralig gestellten Staubblätter. Fruchtknoten oberständig. — *Nymphaea*, mit vier grünen Kelchblättern, zahlreichen, nebst den sehr zahlreichen Staubblättern spiralig geordneten Kronenblättern und halb unterständigem Fruchtknoten. N. Lotus (Lotosblume) u. a. in Afrika. — *Victoria* regia (Brasilien); schildförmige Blätter über einen Meter im Durchmesser.

Fam. 2. Ceratophyllaceae. Untergetauchte Wasserpflanzen; doppelt gabelspaltige Blätter in Quirlen; in einzelnen Blattachseln diklinische, monöcische Blüten: die männlichen mit 6—12 Perigonblättern und eben so viel Staubblättern, die weiblichen mit ähnlichem Perigon und einem einfächerigen Fruchtknoten mit einer hängenden Samenanlage. (Einzige Gattung *Ceratophyllum*).

Fam. 3. Magnoliaceae. Blütenhülle meist heterochlamydeisch, spiralig oder (meist trimer) cyklisch; Staub- und Fruchtblätter spiralig; Same mit Endosperm. Holzpflanzen. Ölzellen.

1. Magnolieae, Fruchtknoten zahlreich auf walzenförmig verlängerter Blütenachse; Laubblätter mit anfangs ringsgeschlossenen Scheiden. — *Magnolia*, Ziergehölz; M. conspicua (Japan) blüht vor M. tripetala, glauca u. a. (Nordamerika) nach der Belaubung. — *Liriodendron* Tulipifera, Tulpenbaum, atlant. Nordamerika.



2. Illicieae. Fruchtknoten an der kurzen Achse in einem Kreis gestellt; Laubblätter ohne Scheide. — *Illicium* verum (China) liefert Sternanis (Fig. 286 *B–D*). — *Drimys* Winteri (Fig. 286 *A*), Mexiko-Feuerland, früher offizinell.

Fam. 4. Anonaceae. Blüten spiralig oder cyklisch; Fruchtknoten mehrere; Samen mit zerklüftetem Endosperm. Ölzellen.

Anona-Arten, wichtige Obstbäume der Tropen. — *Cananga* odorata liefert Macassaröl (indisch-malayisch).

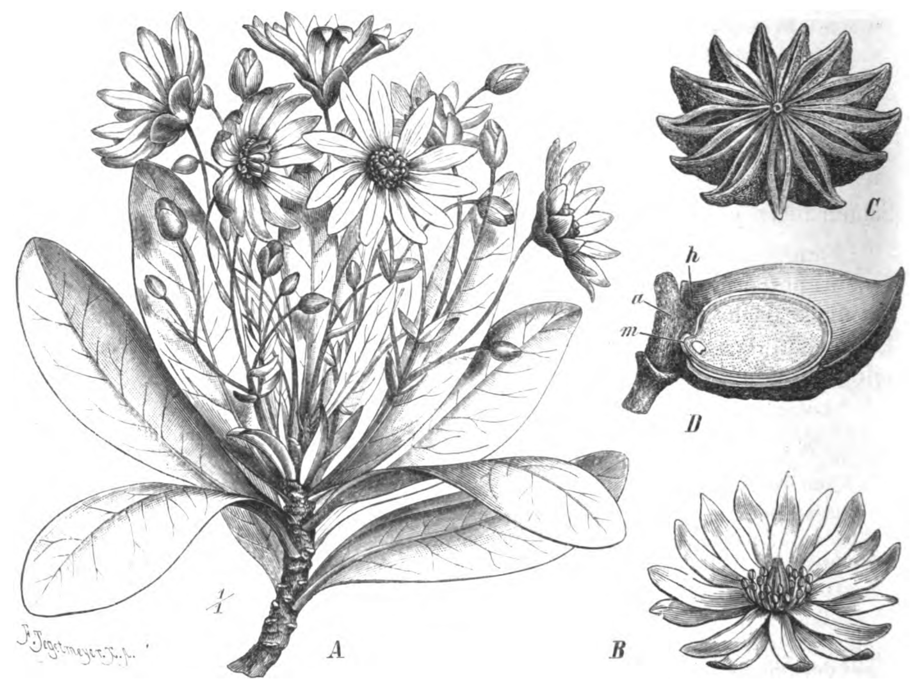


Fig. 286. *A* Drimys Winteri; *B—D* Illicium verum: *B* Blüte, *C* Frucht, *D* ein Carpell im Längsschnitt. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Fam. 5. Myristicaceae. Blüten diöcisch, cyklisch, mit Perigon, dieses symphyll, dreiteilig, die 3—18 Staubblätter zu einem Bündel verwachsen; Fruchtknoten monomer mit einer grundständigen anatropen Samenanlage. Frucht fleischig, zweiklappig aufspringend. Endosperm zerklüftet. Ölzellen. — (Vgl. Fig. 287.)

Myristica fragrans, Muscatnuss (Molukken). Samen mit fleischigem, nach oben zerschlitztem Arillus (»Muskatblüte«), groß mit reichlichem Endosperm, in dessen faltenartige Einbuchtungen die innerste Schicht der braunen Samenschale hineinwächst, daher erscheint das Endosperm marmoriert. Der kleine Embryo liegt am Grunde des Samens.

Offizinell: Semen Myristicae, der von der äußeren harten Schale befreite Same von Myristica fragrans (Fig. 287).

Fam. 6. Ranunculaceae. Perigon oder Blütenhülle in Kelch und Krone gesondert; demselben schließen sich innen zumeist Honigblätter an, d. h. Staminodien, welche Nektarien tragen, zuweilen kronenblattartig ent-

wickelt sind (Fig. 214 S. 216). Staubblätter zahlreich, mehrere Spiralumgänge einnehmend, seltener in zahlreichen, alternierenden Quirlen. Fruchtknoten zahlreich, spiralig angeordnet in einem oder mehreren Umgängen, sehr selten nur einer. Samenanlagen entweder in zwei Zeilen längs der Bauchnaht, oder einzeln am Grunde der Bauchnaht. Same mit Endosperm. — Fast sämtlich krautartige, einjährige oder unterirdisch perennierende Pflanzen ohne Nebenblätter, aber mit entwickelten Blattscheiden. Keine Ölzellen.

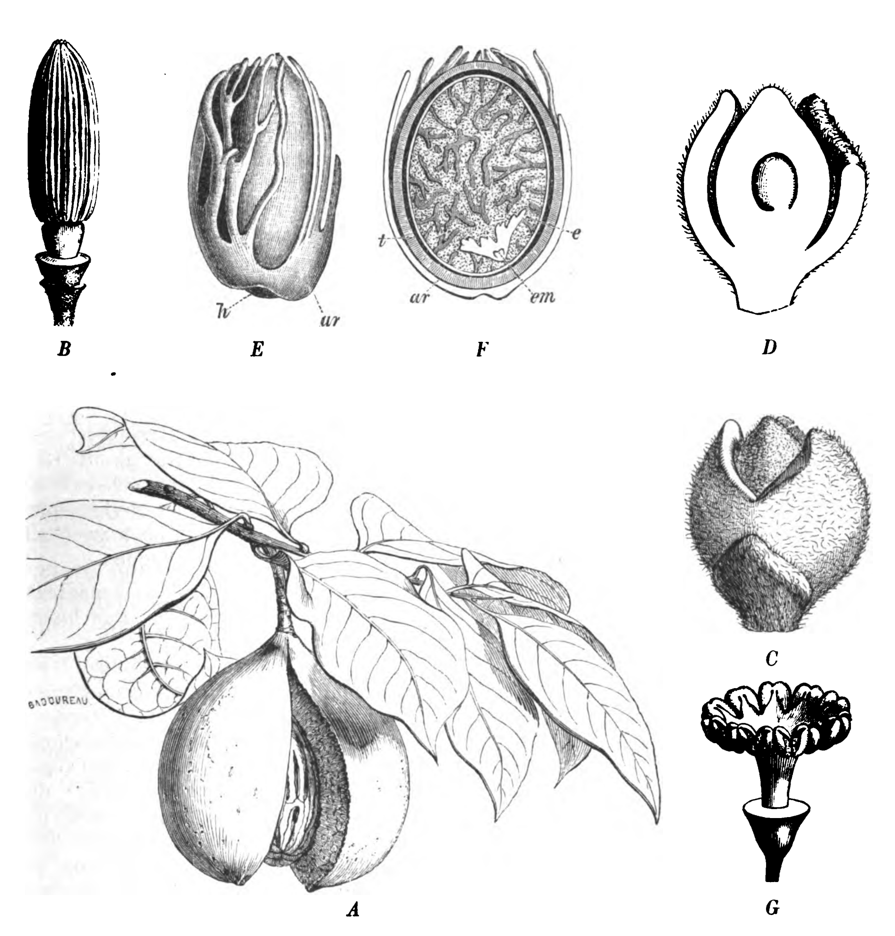


Fig. 287. Myristica fragrans. *A* Habitusbild. *B* Andröceum, *C* weibl. Blüte, *D* im Längsschnitt, *E* und *F* Samen; *t* Samenschale, *h* Nabel, *e* Endosperm, *em* Embryo, *ar* Arillus. — *G* Andröceum von M. corticosa. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

1. Paeonieae. Samenanlagen längs der Bauchnaht, mit mächtig entwickeltem äußerem Integument; keine Honigblätter; Balgfrucht, seltener Beere.

Paeonia, Pfingstrose; Kelch und Krone, ersterer meist mit Übergangsformen

zu den Laubblättern. — *Hydrastis* canadensis mit beerenartiger Frucht (atlant. Nordamerika), Fig. 288.

2. Helleboreae. Samenanlagen längs der Bauchnaht mit dünnem äußerem, seltener nur einfachem Integument; Balgfrucht, seltener Beere oder einsamige Schließfrucht.

a) mit regelmäßigen Blüten:

Helleborus, mit spiralig gebauter Blüte, Perigon grün, weiß oder rötlich; Honigblätter kürzer, röhrig; meist 3—5 Fruchtblätter. — *Nigella*, mit 5 korollinischen Perigonblättern und meist 8 (wenn 5, superponierten) kleinen Honigblättern. — *Trollius*, mit kronenartigem Perigon (oder dessen äußere Blätter kelchartig), zahlreichen langen schmalen Honigblättern (Fig. 214 *B*). — *Caltha*, mit fünf korollinischen Perigonblättern, ohne Honigblätter. — *Actaea*, mit korollinischem Perigon und weißen Staminodien, Beerenfrucht. — *Aquilegia* mit cyklisch gebauter Blüte. Die fünf Honigblätter tragen lange hohle Sporne.



Fig. 288. Hydrastis canadensis. *A* Habitusbild; *B* Blüte, *C* Blatt der Blütenhülle; *D* Staubblatt; *E* Fruchtblatt im Längsschnitt; *F* Samen im Längsschnitt. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

b) mit unregelmäßigen Blüten:

Aconitum, Eisenhut; von den fünf korollinischen Perigonblättern ist das hinten stehende helmartig übergebogen und bedeckt die 2 gestielten Honigblätter (Fig. 214 *G*). — *Delphinium*, Rittersporn; das hintere Perigonblatt in einen Sporn verlängert; zwei vor diesem stehende Honigblätter (zuweilen unter sich verwachsen) mit ihren Spornen in den Perigonsporn hinabreichend; öfters noch zwei seitliche Staminodien vorhanden.

3. Anemoneae. Samenanlagen einzeln am Grunde der Bauchnaht; einsamige Schließfrucht.

Thalictrum, mit 4—5zähligem, unscheinbarem und hinfälligem Perigon und flachem Blütenboden. — *Anemone*, Fig. 214 *A*, meist mit korollinischem, meist 5—6zähligem Perigon und kegelförmigem Blütenboden. Bei den meisten Arten verlängert sich das unterirdische Rhizom in einen aufrechten Blütenstengel, der unter der Terminalblüte noch drei quirlig zusammengestellte Blätter, die Außenhülle trägt. Diese sind (A. nemorosa, ranunculoides u. a.) den direkt vom Rhizom entspringenden Laubblättern gleichgestaltet und tragen öfters in ihren Achseln Blüten; bei A. Pulsatilla u. a. sind sie von den Laubblättern verschieden, fingerig eingeschnitten; bei A. Hepatica, deren Blütenstengel außerdem seitlich aus den Achseln der Niederblätter entspringen, sind die drei Hüllblätter einfach und dicht unter das Perigon gerückt, so dass sie einen scheinbaren Kelch vorstellen. — *Clematis*, mit dekussierten Blättern, die meist mit ihrer Mittelrippe und den Stielchen ranken; Perigon korollinisch. — *Adonis*, mit durchgehends acyklischer Blüte, fünf Kelchblättern, acht (oder mehr) Kronenblättern und vielen nach $^5/_{13}$ gestellten Staubblättern und Karpellen.

Ranunculus (Fig. 214 *D*, *E*) mit meist fünf Perigonblättern und fünf alternierenden Honigblättern, welche über dem nektarientragenden Grunde in eine das Perigon überragende kronenartige Platte verlängert sind. Staubblätter und Fruchtknoten spiralig angeordnet. — *Myosurus* minimus mit gespornten Perigonblättern und langgestrecktem Blütenboden.

Offizinell: Rhizoma Hydrastis von Hydrastis canadensis (Fig. 288). — Tubera Aconiti, die knolligen Wurzelstöcke von Aconitum Napellus (Fig. 214 *G*).

Fam. 7. Berberidaceae. Blüten zwitterig, cyklisch di- oder trimer, mit Kelch und Krone, häufig auch Honigblättern; Staubblätter mit Klappen aufspringend; ein monomerer Fruchtknoten; Kapsel oder Beere; Same mit Endosperm. Keine Ölzellen.

Berberis, Sauerdorn, die Blüten in hängenden Trauben, gelb, aus dreizähligen Quirlen gebaut, von denen je einer auf Kelch und Krone, je zwei auf Honig- und Staubblätter treffen; längliche Beere. Blätter der Langtriebe in Dornen verwandelt; in deren Achseln stehen Kurztriebe mit Laubblättern und Blütenständen. — *Epimedium*, dimer mit gespornten Honigblättern.

Offizinell: Podophyllin aus dem Rhizom von Podophyllum peltatum (Nordamerika).

Fam. 8. Menispermaceae. Blüten diöcisch, cyklisch, mit Kelch und Krone, meist trimer mit mindestens je zwei Quirlen auf Kelch, Krone und Andröceum. Fruchtknoten meist 3—6 einzelne, monomere mit je einer Samenanlage. Schlingpflanzen, vorherrschend in den Tropen. Keine Ölzellen. Oft abnorme Stammstruktur.

Offizinell: Radix Colombo von Jatrorrhiza palmata (Ostafrika) Fig. 289.



Fig. 289. Jatrorrhiza palmata, 1/3 nat. Größe. (Nach *Baillon*.)

Fam. 9. Calycanthaceae. Blüten spiralig, perigyn; Sträucher. Ölzellen.

Calycanthus, Ziersträucher mit zimmtbraunen, wohlriechenden Blüten.

Fam. 10. Lauraceae. Blüten zwitterig oder polygam, cyklisch, perigyn, mit kalicinischem Perigon, meist trimer (bei Laurus dimer), wobe

zwei Quirle auf das Perigon, meist 4 auf das Andröceum treffen. Fruchtknoten trimer, einfächerig, mit einer hängenden, anatropen Samenanlage. Die Antheren öffnen sich mit zwei oder vier aufwärts zurückgeschlagenen Deckeln; Staubblätter mit drüsigen Anhängseln, oft teilweise extrors, teilweise intrors. Beere oder Steinfrucht. Same ohne Endosperm. Öl- und Schleimzellen.

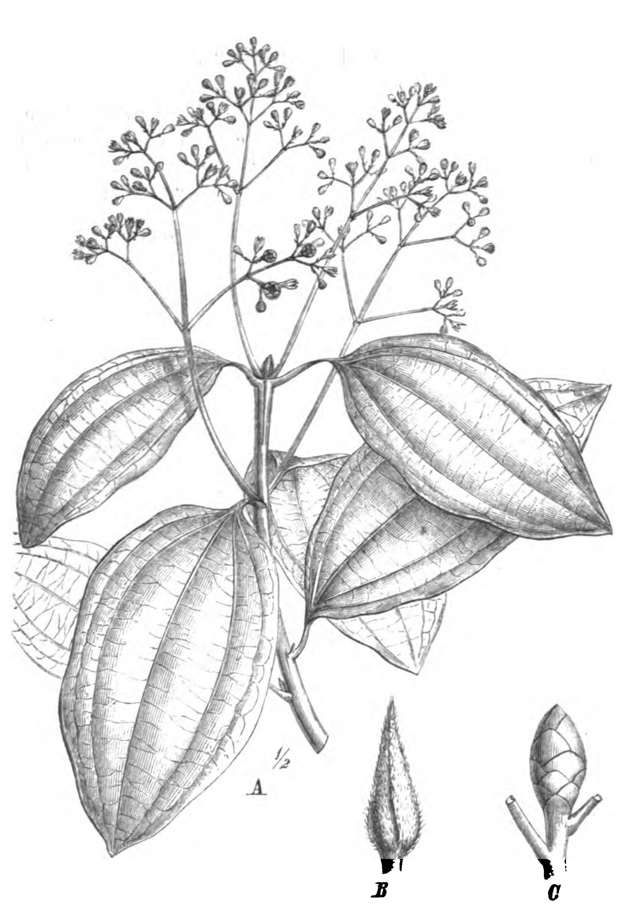


Fig. 290. *A* Cinnamomum zeylanicum; *B* Blattknospe; *C* desgl. von C. Camphora. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Meist immergrüne Holzpflanzen mit lederigen Blättern, *Cassytha*, Schmarotzer vom Wuchs der Flachsseide.

Offizinell: Fructus Lauri, Steinfrüchte von Laurus nobilis, Lorbeer (Mittelmeergeb.); Lignum Sassafras, Holz der Wurzel von Sassafras officinale (atlant. Nordamerika); Camphora, der Kampher, ein flüchtiges Stearopten aus dem Holz und den Blättern von Cinnamomum Camphora (China und Japan); Cortex Cinnamomi, Zimmtrinde, von Cinnamomum Cassia in Südchina.

Nutzpflanzen: Cinnamomum zeylanicum (Fig. 290) liefert Zimmt (Ceylon). — *Persea* gratissima (trop. Amerika) wichtiger, trop. Obstbaum.

Außer den genannten Familien gehören zu den Ranales noch folgende: Lactoridaceae, Trochodendraceae, Lardizabalaceae, Monimiaceae und Hernandiaceae.

Reihe 13. Rhoeadinae.

Blüten cyklisch, mit Kelch und Krone, meist dimer; Fruchtknoten aus zwei oder mehr Karpellen bestehend, einfächerig oder mehrkammerig, oft mit falscher Scheidewand, fast nie wirklich mehrfächerig. Same mit oder ohne Endosperm. Meist $K2\ C2+2\ A2+2$ oder ∞ $G(\underline{2})$ oder $(\underline{\infty})$.

Fam. 1. **Papaveraceae.** $K2\ C2 + 2\ A2 + 2$ oder $\infty\ G\underline{(2)}$ oder $\underline{(\infty)}$, seltener dreigliedrige Kreise. Der Kelch fällt meist vor Entfaltung der Blüte ab, die vielgliederigen Staubblattkreise alternieren miteinander. Fruchtknoten aus zwei transversalen Karpellen oder mehreren bestehend, zwei-, beziehungsweise mehrkammerig. Samenanlagen zahlreich, seltener wenige an den nur wenig eingeschlagenen Karpellrändern. Endosperm reichlich, Embryo klein.

Unterfam. 1. **Papaveroideae.** Blüten regelmäßig; Staubblätter zahlreich; meist Milchsaft.

Papaver, Mohn, mit mehrkammerigem Fruchtknoten; Porenkapsel (s. Fig. 235 *D*); P. somniferum kultiviert wegen des in den Samen enthaltenen Öls und als Arzneipflanze. — *Chelidonium*, Schöllkraut, mit zwei Karpellen, schotenförmiger Frucht, gelbem Milchsaft. — *Eschscholtzia* mit vertiefter Blütenachse.

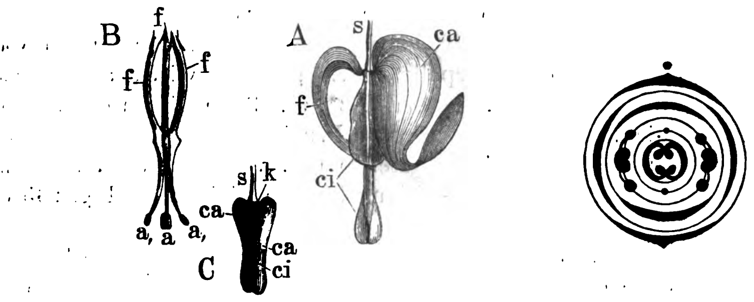


Fig. 291. *A* Blüte von Dicentra spectabilis, das eine äußere Kronenblatt ist entfernt; *s* Blütenstiel, *ca* äußeres, *ci* inneres Kronenblatt, *f* Staubblätter; *B* die drei Staubblätter der einen Seite von ihrer Fläche gesehen, *f* die Filamente, *a* die mittlere ganze, a_1, a_1 die seitlichen halben Antheren. *C* Blütenknospe, an der die rasch abfallenden Kelchblätter *k* noch erhalten sind (nat. Gr.). — Diagramm der Fumarienblüte.

Offizinell: Fructus immaturi und Semen Papaveris von Papaver somniferum (Stammpfl. P. setigerum, Mittelmeergeb.); Opium, der eingedickte Milchsaft aus der jungen Kapsel derselben Pflanze.

Unterfam. 2. **Fumarioideae.** Blüten unregelmäßig, mit transversaler Symmetrieebene: $K2\ C2 + 2\ A2 + 2G\underline{(2)}$. Ein äußeres Kronenblatt (selten beide) mit Sporn; die zwei inneren Staubblätter halbiert und die Hälften neben die äußeren Staubblätter hinüber verschoben; es stehen somit an jeder Seite drei Staubblätter, ein mittleres mit ganzem Staubbeutel (das des äußeren Kreises, Fig. 291 *B*, *a*), und zwei seitliche mit nur halber Anthere (die Hälften der beiden inneren, Fig. 291 *B*, a_1, a_1). Frucht schotenförmig, vielsamig oder eine einsamige Schließfrucht. Pflanzen ohne Milchsaft.

Dicentra, beide äußere Kronenblätter gespornt; die beiden inneren schließen mit löffelartiger Spitze über den Antheren zusammen. — *Corydalis*, nur das eine äußere Kronenblatt gespornt; Frucht zweiklappig aufspringend, mit mehreren, wandständigen Samen. — *Fumaria*, im Fruchtknoten nur wenige Samenanlagen, wovon nur eine zum Samen wird; kugelige Schließfrucht.

Fam. 2. **Cruciferae.** Blüten meist regelmäßig, $K2 + 2\ C\ 4\ A2 + 2^2\ G\underline{(2)}$. Die vier Kronenblätter in einem Quirl, der mit den vier Kelchblättern

alterniert, als wären diese ein Kreis. Es sind im ganzen drei Blütenhüllkreise, wie bei den beiden vorigen Familien; während aber dort nur der äußerste Kreis kalicinisch ist, sind es hier die beiden äußeren; und der innerste, der hier allein korollinisch ist, ist hier nicht zwei-, sondern viergliedrig. Die äußeren beiden Staubblätter stehen seitlich; die beiden inneren, die bei den Fumarioideae gespalten sind, sind hier verdoppelt und haben längere Filamente (Fig. 293 *B*, *bb*) als die äußeren (*a*), daher die Blüte »tetradynamisch«. An der Basis des Fruchtknotens stehen häufig kleine Drüsen (Fig. 293 *B*, *d*). Der Fruchtknoten besteht aus zwei Fruchtblättern, welche an den verwachsenen Rändern die Samenanlagen in zwei alternierenden Längsreihen tragen; diese beiden Placenten sind aber durch eine dünne Gewebeplatte verbunden, welche, da sie nicht von den Karpellrändern gebildet wird, als falsche Scheidewand zu bezeichnen ist (Fig. 293 *D**, *E**, *v*). Beim Öffnen der Frucht springt zumeist die Wandung in zwei, den Fruchtblättern entsprechenden Klappen ab, die Scheidewand bleibt stehen und verbindet die Placenten, an welchen die Samen noch eine Zeitlang hängen bleiben (s. Fig. 235 *C*, S. 236).

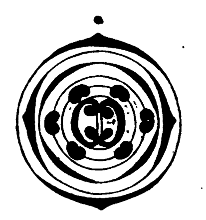


Fig. 292. Diagramm der Cruciferenblüte.

Blüten in Trauben; Deckblätter unterdrückt; sind die unteren Blütenstiele länger als die oberen, so wird die Traube einer Dolde ähnlich und es sind dann gewöhnlich die unteren Blüten unregelmäßig, indem die nach der Peripherie zu gewendeten Kronenblätter größer sind als die gegen die Traubenachse gerichteten (Iberis).

Für die Unterscheidung der Gattungen ist die Gestalt der Frucht von Wichtigkeit; dieselbe ist bei den einen viel länger als breit, eine Schote, Siliqua (Fig. 293 *C*); bei den anderen hingegen nicht viel länger oder ebenso lang als breit, ein Schötchen, Silicula (Fig. 293 *D* und *E*). Letzteres ist gewöhnlich von einer Seite her etwas flachgedrückt und zwar entweder parallel mit der Scheidewand, d. h. seitlich, Fig. 293 *E* und *E**, so dass die Scheidewand dem größten Breitendurchmesser folgt, latisept, oder aber senkrecht auf die Scheidewand, d. h. median, Fig. 293 *D* und *D**, so dass die Scheidewand den kürzesten Breitendurchmesser einnimmt, angustisept. Auf wenige Gattungen sind Früchte mit nur einem oder wenigen Samen beschränkt, welche nicht aufspringen (z. B. Isatis, Fig. 293 *F*), sowie sog. Gliederschoten, welche zwischen den einzelnen Samen Querscheidewände besitzen und bei der Reife sich der Quere nach in einzelne Glieder trennen (z. B. Rhaphanus, Fig. 293 *G*).

Der Embryo ist im endospermlosen Samen in verschiedener Weise gekrümmt, indem entweder das Würzelchen der ebenen Fläche des einen Kotyledons aufliegt, Fig. 293 *K*, Cotyledones incumbentes, Notorrhizeen (schematischer Querschnitt: ○‖); oder bei derselben Lage des Würzelchens die Kotyledonen gefaltet sind, Fig. 293 *J*, Cotyledones incumbentes plicatae, Orthoploceen (schem. Querschn.: ○〉〉); oder drittens es liegt das

Würzelchen seitlich an beiden Kotyledonen, Fig. 293 *H*, Cotyledones accumbentes, Pleurorrhizeen (○ =), seltener sind die Kotyledonen spiralig gerollt, so dass sie auf dem Querschnitt zweimal durchschnitten werden, Spirolobeen ○‖ ‖, oder endlich doppelt gefaltet, so dass sie auf dem Querschnitt viermal erscheinen: Diplecolobeen: ○‖‖‖‖.

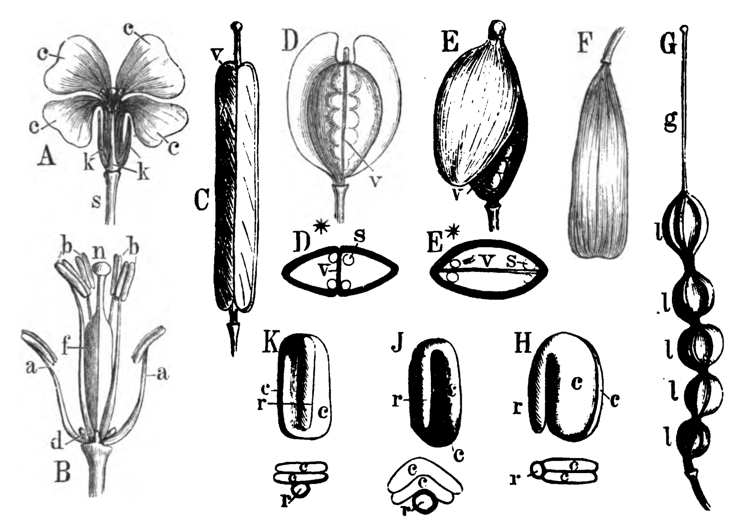


Fig. 293. Blüten, Früchte und Embryonen verschiedener Cruciferen. *A*, Blüte von Brassica (nat. Gr.); *s* Blütenstiel, *kk* Kelch, *c* Krone. *B* dieselbe nach Wegnahme der Blütenhülle stärker vergrößert; *aa* die beiden äußeren, kürzeren Staubblätter, *b* die vier längeren, inneren, *f* der Fruchtknoten, *n* Narbe, *d* Discusdrüsen. *C* Schote von Brassica, *v* Scheidewand; *D* angustiseptes Schötchen von Thlaspi; *E* latiseptes Schötchen von Draba; *D** und *E** die beiden im Querschnitt schematisch, *v* Scheidewand, *s* Samen. *F* Nussartige Schließfrucht von Isatis. *G* Gliederschote von Rhaphanus Rhaphanistrum. *g* Griffel, *lll* die einsamigen Glieder. *H—K* Schemata der gekrümmten Embryonen mit ihren Querschnitten, *r* Würzelchen, *cc* die Kotyledonen.

Die Samen enthalten viel fettes Öl.

Tribus 1. Thelypodieae. Haare unverzweigt oder fehlend; keine Drüsenhaare; Narbe ringsum gleich entwickelt. Nur in Amerika und Südafrika.

Tribus 2. Sinapeae. Haare wie vorige. Narbe über den Placenten stärker entwickelt.

a) Lepidiinae. Meist angustiseptes Schötchen; Keim mit kurzer Wurzel. *Lepidium* sativum, Kresse, Küchenpflanze.

b) Cochleariinae. Schötchen mit gestutztem Griffel. *Thlaspi* (Fig. 293 *D*) angustisept; *Cochlearia* officinalis, Löffelkraut, latisept.

c) Sisymbriinae. Schote oder Schließfrucht; Keim rückenwurzelig. *Sisymbrium*. — *Isatis* tinctoria, Waid, mit hängender, einsamiger Schließfrucht (Fig. 293 *F*), wird zur Indigobereitung benutzt.

d) Brassicinae. Schote, zuweilen quergegliedert; Keimblätter gefaltet. Als Kulturpflanzen sind die Arten der Gattung *Brassica* mit ihren Varietäten wichtig: Brassica oleracea, Kohl, mit folgenden Varietäten: acephala, Gartengrünkohl, bullata, Wirsing, capitata, Kopfkohl, gongylodes, mit oberirdisch angeschwollener Stengelbasis, Kohlrabi; botrytis mit verwachsenen, fleischigen Blütenstielen und fehlschlagenden Blüten, Blumenkohl; gemmifera mit zahlreichen, seitlichen Laub-

knospen, Rosenkohl. Brassica Rapa, Rübenkohl, mit grasgrünen, rauhen Blättern und gleichhoher Blütentraube, sowie Brassica Napus, mit blaugrünen, kahlen Blättern und verlängerter Blütentraube, werden beide sowohl als Ölpflanzen, als mit unterirdischen, fleischigen Organen gebaut. Von B. Rapa stammen var. campestris, Sommerrübenkohl, und oleifera, Winterrübenkohl, als Ölpflanzen, sowie var. rapifera mit fleischiger Wurzel, weiße Rübe. Dagegen von B. Napus var. annua, Sommmerraps, hiemalis, Winterraps, als Ölpflanzen, und var. napobrassica mit unterirdisch verdicktem Stengel, Bodenkohlrübe. — Brassica nigra und *Sinapis* alba, Senf. — *Rhaphanus* mit Gliederschote (Fig. 293 *G*); R. sativus, Rettig, mit fleischiger, rübenförmiger Wurzel.

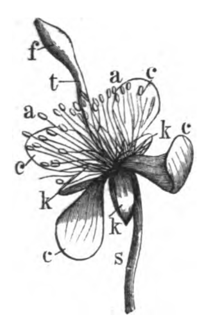


Fig. 294. Blüte von Capparis spinosa (nat. Gr.). *s* Blütenstiel, *k* Kelch, *c* Krone, *a* Staubblätter, *f* Fruchtknoten mit Gynophor *t*.

e) Cardamininae. Meist Schote, Keim seitenwurzelig. *Nasturtium* officinale, Brunnenkresse; N. Armoracia mit starker Wurzel, Meerettig.

Tribus 3. Hesperideae. Haare meist verzweigt, zuweilen auch Drüsenhaare: *Capsella*, Hirtentäschel, angustisept; *Draba* latisept (Fig. 293 *E*); *Cheiranthus* Cheiri Goldlack, *Matthiola* annua und incana, Levkoje, *Hesperis*, *Alyssum*.

Offizinell: Herba Cochleariae von Cochlearia officinalis (Europa), Semen Sinapis von Brassica nigra, schwarzer Senf.

Fam. 3. Capparidaceae. Blüten bisweilen unregelmäßig: $K2+2$ $C4$ $A2+2^2$ oder ∞ $G\underline{(2)}$ oder $\underline{(\infty)}$; Staubblätter nicht tetradynamisch; häufig Gynophor (Fig. 294 *t*) und Androphor.

Die Blütenknospen von *Capparis* spinosa (Mittelmeergeb.) sind die sog. Kappern.

Fam. 4. Resedaceae. Blüten unregelmäßig; Blütenhülle 4—8gliedrig, die Kronenblätter meist zerschlitzt; Staubblätter 3—40; Fruchtblätter 2—6, getrennt oder zu einem einfächerigen oben offenen Fruchtknoten verwachsen, mit meist zahlreichen, wandständigen Samenanlagen; Same ohne Endosperm; Blüten in Trauben, ohne Vorblätter.

Reseda lutea, wird in der Färberei benutzt.

Zu den Rhoeadinae gehören noch die Familien: Tovariaceae, Moringaceae.

Reihe 14. Sarraceniales.

Blüten mit Perigon oder meist Kelch und Krone, Staubblätter häufig zahlreich; Fruchtknoten ein- oder mehrfächerig, oberständig. — Blätter durch verschiedenartige Bildung zum Insektenfang eingerichtet.

Fam. 1. Sarraceniaceae. Blüten zwitterig, Kelchblätter spiralig, Staubblätter zahlreich; Blätter krugartig ausgehöhlt.

Sarracenia (Fig. 295) und *Darlingtonia* in Nordamerika.

Fam. 2. Nepenthaceae. Blüten diöcisch, mit vierblätterigem Perigon; Staubblätter 4—16; Fruchtknoten vierfächerig. Meist kletternde Sträucher mit becherförmigem Ende der Blattspreite.

Nepenthes in den Tropen der alten Welt.

Fam. 3. **Droseraceae.** $K5$ $C5$ $A5$ oder mehr, G $\underline{(3)}$ oder $\underline{(5)}$; Fruchtknoten einfächerig; Samenanlagen wand-, seltener grundständig. Kräuter ohne Nebenblätter mit drüsigen, haarähnlichen Anhängseln der Blätter, welche zum Insektenfang dienen.

Drosera, Sonnentau, mit wickeliger Infloreseenz auf blattlosem Schaft, meist grundständigen Blättern, die am Rande und an der Oberseite mit den haarähnlichen (aber von Gefäßbündeln durchzogenen) Anhängseln besetzt sind (s. oben S. 110 Fig. 114). — *Aldrovandia*, schwimmende Wasserpflanze mit quirlständigen Blättern, welche sich infolge von Reiz zusammenklappen; Blüten einzeln, axillär. — *Dionaea* muscipula, Fliegenfalle (atlant. Nordamerika), mit zusammenklappenden Blättern; Blüten mit 10—20 Staubblättern, grundständigen Samen.

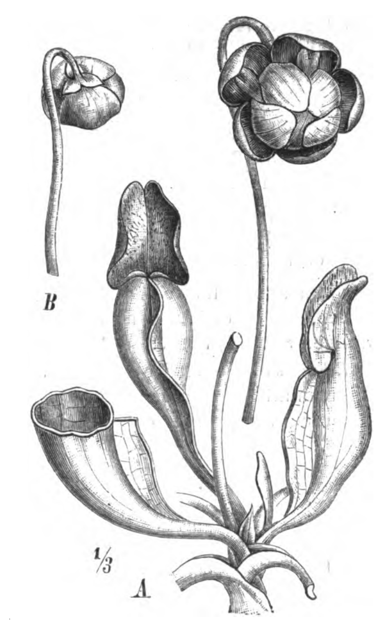
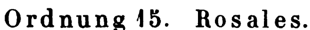


Fig. 295. Sarracenia purpurea (1/3 nat. Gr.), ein Blatt querdurchschnitten.



Ordnung 15. Rosales.

Gynäceum häufig apokarp; Blüten meist perigyn bis epigyn.

Fam. 1. **Podostemaceae.** Höchst eigenartige Pflanzen von moosartigem Habitus, meist an überfluteten Steinen in den Tropen wachsend. Wurzeln grün, assimilierend.

Fam. 2. **Crassulaceae.** Blüten mit wechselnden Zahlenverhältnissen (3—30 gliedrig), hypo- oder perigyn, mit zwei (seltener nur einem) Staubblattkreisen, meist epipetalen Karpellen, apokarp, mit kleinen Schüppchen (Discus) hinter den Karpellen (Fig. 296). Samenanlagen meist zahlreich. Balgfrucht. Same ohne Endosperm. Inflorescenzen meist cymös. Pflanzen mit fleischigen, ungeteilten, spiraligen, oft zu Rosetten angeordneten Blättern.



Fig. 296. Blüte von Sedum acre.

Sedum (Fig. 296) mit meist fünfgliederigen Blüten; *Sempervivum* mit mindestens sechsgliederigen Blüten.

Fam. 3. **Cephalotaceae.** Fruchtknoten 6, frei, mit je einer grundständigen Samenanlage. Blätter zum Teil schlauchförmig mit Deckel. — Eine Art in Australien.

Fam. 4. **Saxifragaceae.** Blüten meist 4- oder 5zählig, peri- oder epigyn, mit meist zwei Staubblattkreisen; Fruchtknoten meist aus 2 Fruchtblättern wenigstens am Grunde verwachsen; Same mit Endosperm.

Unterfam. 1. Saxifragoideae. Kräuter mit meist wechselständigen Blättern, 1—2fächerigem Fruchtknoten; Kapsel.

Saxifraga, Steinbrech, mit zweifächerigem, halbunterständigem Fruchtknoten, sonst fünfzähliger Blüte; oft Kalksekretion am Blattrand. — *Bergenia* mit freiem Fruchtknoten (Fig. 298, Centralasien). — *Chrysosplenium* mit vierzähliger Blüte, ohne Krone; kleine Pflänzchen fast vom Aussehen einer Euphorbia. — *Parnassia* mit nur kurz perigynen Blüten; die fünf epipetalen Staubblätter sind zu verzweigten drüsigen Staminodien umgebildet (Fig. 297).

Unterfam. 2. Hydrangeoideae. Sträucher mit gegenständigen Blättern. Fruchtknoten unterständig oder halbunterständig, meist 3—5fächerig; Kapsel.

Philadelphus, *Deutzia*, *Hydrangea* hortensis, Hortensie; hier sind die randständigen Blüten des Blütenstandes (an kultivierten Formen sämtliche) unfruchtbar mit stark vergrößerten, gefärbten Kelchblättern, ohne Krone und Staubblätter.

Unterfam. 3. Ribesioideae. Sträucher mit wechselständigen, meist gelappten Blättern, Blüten in Trauben; Fruchtknoten unterständig, dimer, einfächerig mit wandständigen Samen; Beere.

Ribes, Johannisbeere, in mehreren Arten kultiviert. R. rubrum mit roten, R. nigrum mit schwarzen Früchten. R. Grossularia, Stachelbeere u. a. mit Stacheln, die vorzugsweise unter den Blattinsertionen entspringen.

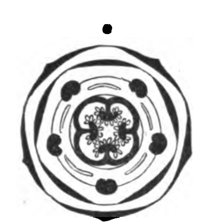


Fig. 297. Diagramm von Parnassia.

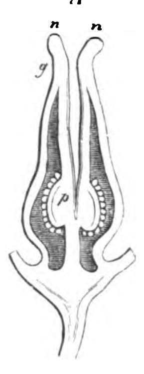


Fig. 298. Fruchtknoten von Bergenia im Längsschnitt; *g* Griffel, *n* Narben, *p* Placenta (vergrößert, nach *Sachs*).



Fig. 299. Weibliche Blüte von Platanus occidentalis, vergrößert.

Fam. 5. Pittosporaceae. Blüten hypogyn, mit 5 episepalen Staubblättern, 1- bis mehrfächerigem Fruchtknoten mit zahlreichen Samenanlagen. Holzpflanzen mit wechselständigen Blättern, schizogenen Harzbehältern. — *Pittosporum*, *Sollya* u. a.

Fam. 6. Hamamelidaceae. Blüten meist unansehnlich; Fruchtknoten 2 fächerig; Frucht loculicid und zugleich septicid mit bleibenden Griffeln. Holzpflanzen mit wechselständigen Blättern, meist mit Nebenblättern. Bisweilen Balsamgänge.

Hamamelis; *Liquidambar*.

Offizinell: Styrax liquidus von Liquidambar orientale (Kleinasien).

Fam. 7. Platanaceae. Blüten diklinisch, zu Knäueln vereinigt, diese seitlich an hängenden Zweigen; die Blüten haben Kelch und Krone, die männlichen wenige Staubblätter, die weiblichen (Fig. 299) perigyn mit wenigen, getrennten Fruchtknoten, deren jeder eine hängende Samenanlage

enthält. — Bäume mit zerstreut gestellten, handförmig gelappten Blättern und bleibenden tutenförmigen Nebenblättern.

Platanus occidentalis (Nordamerika) und P. orientalis (Mittelmeergebiet).

Fam. 8. Rosaceae. Blüten fast stets regelmäßig, perigyn oder epigyn, mit meist fünfgliederigem Kelch und ebensolcher Krone; Staubblätter selten der Krone gleichzählig oder weniger, meist in vielfacher Anzahl in mehreren Quirlen; Gynäceum apokarp oder durch Verwachsung mit der Blütenachse unterständig. Samenanlagen anatrop, hängend oder aufrecht. Same meist ohne Endosperm. Blätter meist wechselständig, mit Nebenblättern.



Fig. 300. Quillaja Saponaria. (Nach *Baillon.*)

Unterfam. 1. Spiraeoideae. Blüten perigyn; Blütenachse an der Fruchtbildung nicht beteiligt; meist 2—5 Fruchtknoten mit je 2 oder mehreren Samenanlagen werden meist zu Balgfrüchten.

Aruncus, Staude; *Spiraea*, *Holodiscus*, *Physocarpus*, *Sorbaria*, Sträucher. — *Quillaja* (Chile).

Unterfam. 2. Pomoideae. Fruchtknoten unterständig, indem die einzelnen Fruchtknoten mit der sie umgebenden Achse und unter sich verwachsen. Frucht von den Kelchblättern gekrönt. Die Wandungen der die Samen umschließenden Fächer des Fruchtknotens, entsprechend den einzelnen Früchtchen, sind entweder dünn, wie bei dem gewöhnlichen Apfel; die Frucht wird dann als Kernapfel bezeichnet; oder aber sie sind stark sklerenchymatisch und erscheinen als Steinkerne (Steinapfel). — Staubblätter zahlreich in komplizierter Alternation der Quirle; kein Außenkelch. Holzpflanzen mit abfallenden Nebenblättern.

I. Mit Steinapfel: *Cotoneaster:* Steinkerne oben frei; bei *Crataegus*, Weißdorn, sind sie völlig eingesenkt; ähnlich *Mespilus*, Mispel, mit großer, kreiselförmiger Frucht, die von den fünf großen Kelchblättern gekrönt ist.

II. Mit Kernapfel: *Cydonia*, Quitte, mit zahlreichen Samen in jedem Karpell, deren Außenschicht verschleimt. — *Pirus* mit zwei grundständigen Samen, die freien Griffel von einem Discuswulst eingeschnürt; P. communis u. a. Arten Birnbaum; *P. Malus* mit verwachsenen Griffeln ohne Discuswulst u. a., Apfelbaum.

Unterfam. 3. Rosoideae. Blüte deutlich perigyn. Fruchtblätter zahlreich, auf gewölbtem Fruchtblattträger ein Köpfchen bildend, selten wenige, oder 1 — zahlreiche von der hohlen Blütenachse eingeschlossen.

a. Blütenachse flach, sich nicht an der Fruchtbildung beteiligend. Fruchtblätter wenige (Kerrieae). — *Kerria*, *Rhodotypus*, Ziersträucher aus Japan.

b. Blütenachse sich nicht stark an der Fruchtbildung beteiligend. Fruchtblätter zahlreich, auf einem Fruchtblattträger. Oft mit Außenkelch. (Potentilleae, Fig. 301 *B.*) — *Potentilla* mit trockenen Früchten und trockenem Blütenboden; *Fragaria*, Erdbeere, der die Früchtchen tragende Blütenboden fleischig und schließt die harten Früchtchen ein. — *Geum* mit hakenförmig geknieten Griffeln. — *Dryas*, niederliegender Strauch mit geschwänzten Früchten. — *Rubus* ohne Außenkelch; die einzelnen Früchtchen werden bei der Reife saftig; R. Idaeus, Himbeere, deren zu einer Scheinbeere verwachsene Früchtchen sich vom vertrocknenden Blütenboden völlig loslösen; bei vielen anderen, Brombeere, löst sich der obere Teil des Blütenbodens samt den Früchtchen ab.

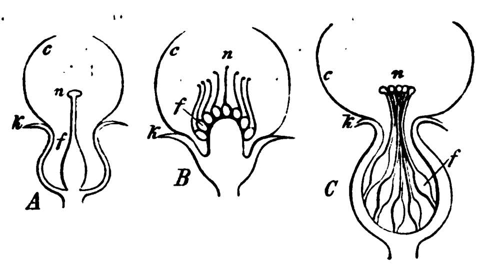


Fig. 301. Schema der Blüten von *A* Prunoideen, *B* und *C* Rosoideen, *k* Kelch, *c* Krone, *f* Fruchtknoten, *n* Narbe.

c. Hiermit nahe verwandt *Ulmaria*, früher fälschlich zu Spiraea gezogen; Stauden mit leicht abfallenden Staubblättern (Ulmarieae).

d. Ein oder wenige Fruchtknoten mit je einer hängenden Samenanlage im Grunde der oben verengerten Achsenhöhlung, welche bei der Reife erhärtet und die Früchte einschließt (Sanguisorbeae). — *Alchemilla* mit viergliederiger Blüte ohne Krone, nur vier (oder weniger) mit den Kelchblättern alternierenden Staubblättern; Außenkelch. — *Sanguisorba*, ohne Krone, mit episepalen Staubblättern, ohne Außenkelch. — *Agrimonia* mit fünfzähliger Blüte, zahlreichen Staubblättern mit Krone; die Achse ist außen mit zahlreichen Borsten besetzt. — *Hagenia* (Fig. 302).

e. Zahlreiche Fruchtknoten am Grunde und an der Wandung der oben verengten Achsenhöhlung (Fig. 301 *C*), mit je einer hängenden Samenanlage, werden bei der Reife zu harten Nüsschen, die in der fleischigen Achse eingeschlossen sind; letztere trägt im Reifezustand häufig noch die Kelchblätter. Sträucher mit gefiederten Blättern, deren Nebenblätter dem Blattstiel angewachsen sind (Roseae). — *Rosa*, Rose.

Unterfam. 4. Prunoideae. Blüten perigyn; Blütenachse an der Fruchtbildung nicht beteiligt, ein Fruchtknoten (Fig. 301 *A*) mit 2 hängenden Samenanlagen wird zu einer Steinfrucht (s. Fig. 237) mit gewöhnlich nur einem Samen; Staubblätter meist in 3 zehn- oder fünfzähligen Kreisen. — Alle bei uns vorkommenden und kultivierten Arten können in die Gattung *Prunus* vereinigt werden. P. Amygdalus (= *Amygdalus* communis), Mandelbaum (Mittelmeergebiet), mit gefurchter Steinschale und wenig saftigem Mesokarp; P. Persica, Pfirsichbaum; P. Armeniaca, Aprikose; P. domestica, Zwetschge; P. insititia, Pflaume; P. Cerasus, Weichsel; P. avium, Süßkirsche; P. Padus, Traubenkirsche; P. Mahaleb, türk. Weichsel; P. Laurocerasus, Kirschlorbeer.

Unterfam. 5. Chrysobalanoideae, von vor. durch grundständigen Griffel unterschieden; Fruchtblätter 2—5.

Offizinell: Amygdalae amarae, bittere Mandeln, Samen von Prunus Amygdalus var. amara; Amygdalae dulces, süße Mandeln, von Prunus Amygdalus var. dulcis; Cortex Quillajae von Quillaja Saponaria (Fig. 300); Syrupus Rubi Idaei von Rubus Idaeus; Flores Koso, die Blütenstände von Hagenia abyssinica (Fig. 302). Flores Rosae von Rosa centifolia.



Fig. 302. Hagenia abyssinica (Abyssinien, Kilimandscharo). *A* Blühender Zweig ($^3/_4$ nat. Gr.); *B* ♂ Knospe; *C* ♂ Blüte; *D* und *E* ♀ Blüte. *k* Kelch, *c* Krone, *b* Außenkelch. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Fam. 9. **Leguminosae.** Blüten unregelmäßig mit medianer Symmetrieebene, hypo- oder perigyn, mit Kelch und Krone, fünfzählig. Staubblätter zehn oder mehr. Fruchtknoten aus einem einzigen, vorn stehenden Karpell gebildet, das die Samenanlagen an der Bauchnaht trägt, wird zu einer Hülse. Blüten stets seitlich. Blätter fast immer zusammengesetzt.

Unterfam. 1. **Papilionatae.** Blüten schmetterlingsförmig; Deckung der Blumenblätter absteigend. Kelch fünfzählig, mit einem Blatt nach vorn, meist noch über die Insertion von Krone und Andröceum hinaus zu einer Röhre verwachsen, deren fünf Zähne oft von ungleicher Größe, zuweilen zwei Lippen, eine zweizähnige Ober- und eine dreizähnige Unterlippe bildend. Fünf Kronenblätter. Das hintere größte heißt **Fahne** (Vexillum) (Fig. 303 *fa*); die zwei seitlichen, die **Flügel** (Alae), sind kleiner (Fig. 303 *fl* die zwei vorderen sind zu einem hohlen kahnförmigen Gebilde, dem **Schiffchen** Carina, (Fig. 303 *s*), verwachsen oder seltener bloß in ähnlicher Form an einander gelegt. Nur selten ist die Krone teilweise (bei Amorpha nur die Fahne vorhanden) oder ganz unterdrückt. Die zehn Staubblätter entweder alle zu einer Röhre verwachsen oder das hintere Staubblatt frei, die Röhre der neun übrigen folglich oben geschlitzt, nur selten sämtlich frei. Sie krümmen sich meist nach aufwärts und nehmen auch nach rückwärts an Länge ab. Der Fruchtknoten, von der Staubblattröhre eingeschlossen, besteht nur aus einem vorn stehenden Fruchtblatt, ist jedoch manchmal durch eine falsche Längsscheidewand in zwei Längsfächer, oder durch Querwände in einzelne Kammern geteilt. Hülse (s. Fig. 235 *A*), seltener einsamige Schließfrucht. Blüten einzeln axillär oder in racemösen, häufig einseitigen Inflorescenzen. Blätter selten ganz, meist handförmig oder fiederförmig zusammengesetzt, mit oft stark entwickelten Nebenblättern. — Wurzelknöllchen (vergl. S. 109).

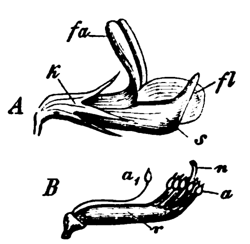


Fig. 303. Blüte von Lotus corniculatus, etwas vergr. *A* nach Wegnahme des zugewendeten Flügels, *k* Kelch, *fa* Fahne, *fl* Flügel, *s* Schiffchen, *B* nach Wegnahme der Krone, *r* Staubblattröhre, a_1 das freie Staubblatt; *a* Antheren, *n* Narbe.

Tribus 1.* **Sophoreae.** Staubblätter sämtlich frei. Blätter gefiedert. *Sophora, Cladrastis, Toluifera.*

Tribus 2. **Podalyrieae.** Staubblätter frei. Blätter einfach oder gefingert.

Tribus 3. **Genisteae.** Alle 10 Staubblätter in eine Röhre verwachsen; Blättchen ganzrandig. — *Genista*, *Cytisus*, erstere mit einfachen Blättern, letzterer mit meist dreizähligen Blättern; *Sarothamnus* mit kopfförmiger Narbe. — *Lupinus* mit schwammigen Querwänden in der Hülse, als Futterpflanze gebaut.

Tribus 4. **Trifolieae.** Meist das hintere Staubblatt frei; Blättchen am Rande gezähnt. — *Ononis* mit verwachsenen 10 Staubblättern. — *Trifolium*, **Klee**; Staubblätter teilweise mit der Krone verwachsen, diese umhüllt verwelkt noch die kleine Hülse; Blüten in Köpfchen. — *Medicago*, **Schneckenklee**, mit meist spiralig gedrehter Hülse, abfallender Krone; M. sativa, **Luzerne**, gebaut. — *Melilotus*, **Steinklee**, mit kugeliger Hülse. — *Trigonella*.

Tribus 5. Loteae. Das hintere Staubblatt frei; Blätter dreizählig; Blättchen sitzend, ganzrandig. — *Lotus*, Hornklee, mit geschnäbeltem Schiffchen, spiralig gedrehten Hülsenklappen. — *Anthyllis* Vulneraria, Wundklee.

Tribus 6. Galegeae. Das hintere Staubblatt frei; Blätter mehrpaarig gefiedert, ohne Ranken. — *Indigofera* tinctoria (Senegambien) und I. Anil liefern Indigo. — *Glycyrrhiza*, Süßholz. — *Colutea*, Blasenstrauch, mit blasig aufgetriebener Frucht, und *Caragana*, Ziersträucher. — *Robinia* Pseudacacia, fälschlich Akazie genannt, aus Nordamerika stammend, aber bei uns völlig eingebürgert. — *Amorpha*. — *Astragalus*, mit längsgefächerter Hülse.

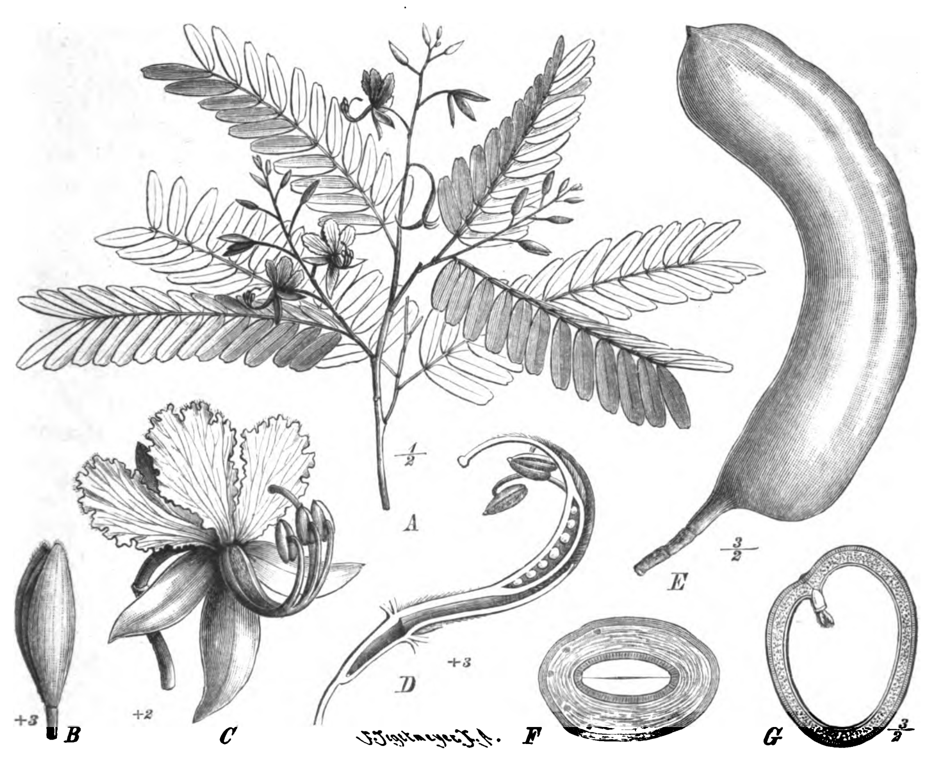


Fig. 304. Tamarindus indica. *A* blühender Zweig; *B* und *C* Blüte; *D* Längsschnitt durch Andröceum und Gynäceum. *E* und *F* Hülse von der Seite und im Längsschnitt. *G* Samen im Längsschnitt. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Tribus 7. Hedysareae. Hülse quergefächert, meist in Glieder zerfallend. — *Coronilla, Onobrychis* sativa, Esparsette, als Futterpflanze gebaut. — *Arachis* hypogaea, Erdmandel, im tropischen Amerika heimisch, in den Tropen kultiviert, reift die Früchte unter der Erde.

Tribus 8. Vicieae. Hülse einfächerig; Blätter meist mit Ranken. — *Vicia* sativa, Futterwicke, und V. Faba, Saubohne, kultiviert. — *Pisum* sativum und arvense, Erbse, Futter- und Gemüsepflanzen. — *Lens*, Linse. — *Lathyrus*.

Tribus 9. Phaseoleae. Hülse einfächerig; Kotyledonen meist oberirdisch, aber dick, nicht blattartig; Blätter meist unpaarig (häufig dreizählig) gefiedert; Stengel meist windend. — *Phaseolus* vulgaris und multiflorus, Bohne, Gemüsepflanze. — *Physostigma*, Calabarbohne (Westafrika).

Tribus 10. Dalbergieae. Hülse nicht aufspringend, Kotyledonen fleischig. — *Pterocarpus*. — *Dipterix* odorata, Tonkabohne in Südamerika, enthält im Samen Cumarin.

Unterfam. 2. Caesalpinioideae. Blüten unregelmäßig, mit aufsteigender Deckung der Krone oder regelmäßig. Staubblätter zehn oder weniger, frei oder verwachsen. Hülse häufig durch Querwände gegliedert, nicht aufspringend. Blüten in Rispen oder Trauben.

Gleditschia, mit starken Dornen; *Cercis*, *Ceratonia* Siliqua, Johannisbrodbaum (Mittelmeergebiet). — Von *Caesalpinia* brasiliensis stammt das Fernambuc-Holz, von *Haematoxylon* campechianum (Antillen) das Blauholz. — *Krameria*. — *Tamarindus* (trop. Afrika, Fig. 304), *Cassia* u. a.

Unterfam. 3. Mimosoideae. Blüten regelmäßig, mit klappiger Knospenlage der Krone. Staubblätter zehn, selten weniger, oder sehr zahlreich, meist frei, gewöhnlich viel länger als die Blütenhülle. Hülse bisweilen durch Querwände gegliedert. Die Blüten stehen stets in Ähren oder Köpfchen.

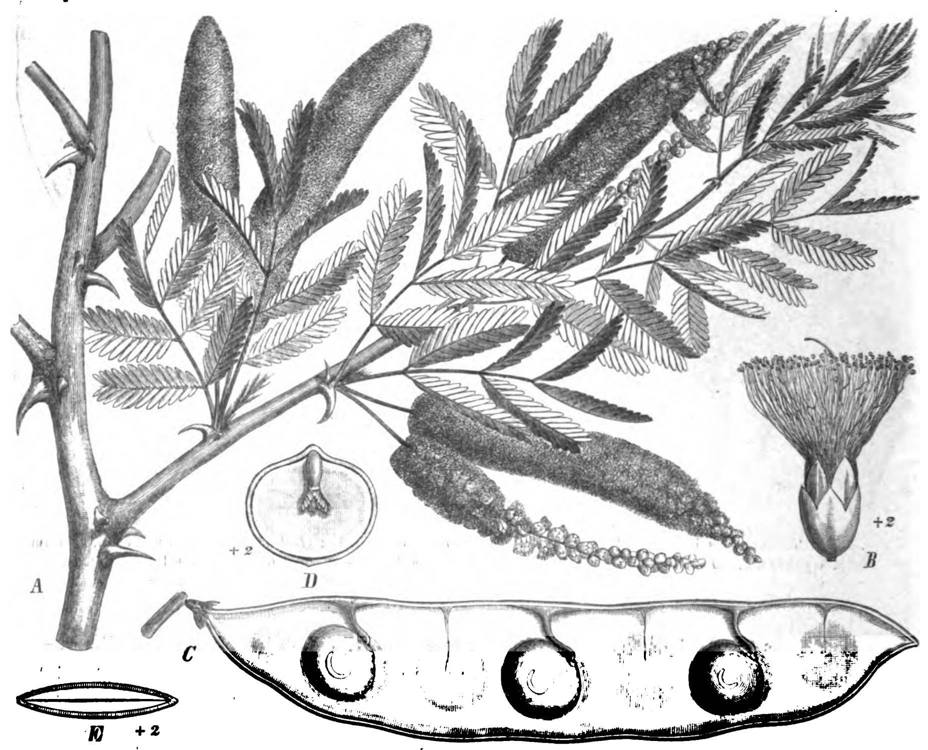


Fig. 305. Acacia Senegal. *A* Blütenzweig; *B* Einzelblüte; *C* aufgesprungene Hülse, *D* und *E* Quer- und Längsschnitt des Samens. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Mimosa pudica, Sinnpflanze, mit reizbaren Blättern. — *Acacia*, mit zahlreichen Arten in Afrika, Asien, Neuholland; viele der letzteren besitzen Phyllodien.

Offizinell: Radix Ononidis von Ononis spinosa (Europa). — Herba Meliloti von Melilotus officinalis und altissima (Europa). — Semen Faenugraeci von Trigonella Foenum

graecum (Mittelmeergeb.). — Radix Liquiritiae von Glycyrrhiza glabra (Osteuropa). — Physostigmin aus den Bohnen von Physostigma venenatum (trop. Westafrika). — Balsamum peruvianum von Toluifera Pereirae (Centralamerika). — Balsamum tolutanum von Toluifera Balsamum. — Chrysarobin, Sekret des Stammes von Andira Araroba (Südamerika). — Folia Sennae von Cassia angustifolia und C. acutifolia (Nordafrika). — Pulpa Tamarindorum, das Fruchtfleisch von Tamarindus indica (Fig. 304). — Balsamum Copaivae von Copaifera officinalis und C. guianensis (trop. Amerika). — Radix Ratanhiae von Krameria triandra (Peru). — Gummi arabicum von Acacia Senegal (A. Verek) im tropischen Afrika (Fig. 305).

Reihe 16. Geraniales.

Gynäceum synkarp. Samenanlage meist hängend mit ventraler Raphe, oder seltener aufsteigend mit dorsaler Raphe. Typus $K_5 C_5 A_{5+5} G\underline{(5)}$, obdiplostemon.

Hierher gehören zahlreiche Familien, die sich folgendermaßen gruppieren:

A. Blüte regelmäßig. Ohne Sekretzellen oder -Lücken: Geraniaceae, Oxalidaceae, Linaceae, Erythroxylaceae, Zygophyllaceae, Malpighiaceae.

B. Blüte unregelmäßig, sonst wie A: Tropaeolaceae, Trigoniaceae, Vochysiaceae, Tremandraceae, Polygalaceae.

C. Wie A, aber Sekretzellen oder -Lücken: Cneoraceae, Rutaceae, Simarubaceae, Burseraceae, Meliaceae.

D. Blüte stark reduziert, stets eingeschlechtlich: Euphorbiaceae. — Callitrichaceae.

Fam. 1. Geraniaceae. Blüten meist regelmäßig, in jedem Fruchtknotenfach zwei hängende Samenanlagen. Fruchtknoten oben mit einem Schnabel (Fig. 306 *A*, *a*). Kräuter mit Nebenblättern.

Geranium: Frucht septifrag mit sich nach oben einrollenden Klappen (Fig. 306 *B*). — *Erodium*, die Kronstaubblätter sind Staminodien; Teilfrucht mit spiralig gedrehten Schnäbeln, diese von E. gruinum (Mittelmeergebiet) als Hygroskope verwendet. — *Pelargonium* mit unregelmäßiger Blüte, deren hinteres Kelchblatt in einen der Achse angewachsenen Sporn ausläuft.

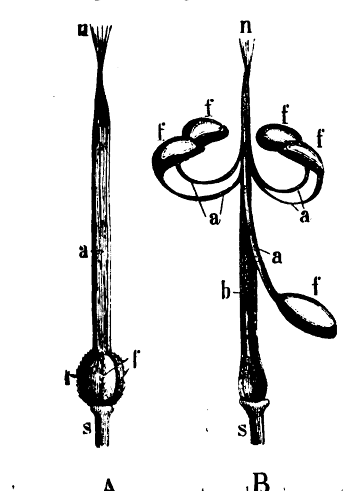


Fig. 306. Frucht von Geranium. *A* vor, *B* nach dem Aufspringen; *s* Blütenstiel, *f* die Fächer des Fruchtknotens, *a* der Schnabel, *n* Narben, *b* der mittlere Teil der Scheidewände (etwas vergrößert).

Fam. 2. Oxalidaceae. Blüten regelmäßig, $K5\ C5\ A5 + 5\ G\ \underline{(5)}$; Staubblätter an der Basis untereinander verwachsen, die Kelchstaubblätter länger. Samenanlagen zahlreich. Kapsel oder seltener Beere. Same endospermreich. Kräuter ohne Nebenblätter, mit zusammengesetzten Blättern.

Oxalis Acetosella, Sauerklee, enthält sehr viel Kaliumoxalat. Die verdickten Wurzeln oder unterirdischen Stengel einiger amerikanischer Arten (O. esculenta, crenata, Deppei) enthalten viel Schleim und werden gegessen.

Fam. 3. Linaceae. Blüten regelmäßig, $K5\ C5\ A5 + 5\ G\underline{(5)}$, seltener viergliederig; die Kronstaubblätter sind meist Staminodien. Fruchtknotenfächer meist durch eine unvollständige falsche Scheidewand geteilt, jede Abteilung mit einer Samenanlage. Kapsel loculicid. Samen mit Endosperm. Meist Kräuter mit einfachen, ganzrandigen Blättern mit oder ohne Nebenblätter.

Linum usitatissimum, Flachs, Lein. Die starken Bastfasern werden zu Gespinnsten verarbeitet, die Samen enthalten Öl; die äußersten Zellwände der Samenschale sind verschleimt.

Offizinell: Semen Lini von Linum usitatissimum.

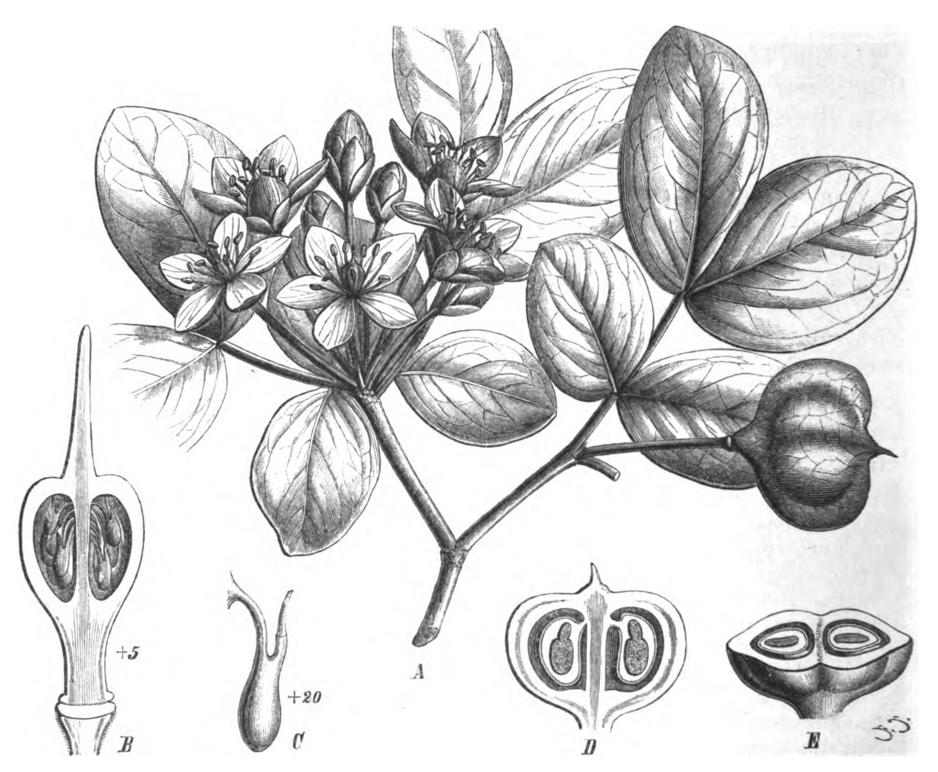


Fig. 307. Guajacum officinale. *A* Zweig mit Blüten; *B* Gynäceum im Längsschnitt; *C* einzelne Samenanlage; *D* und *E* Frucht im Längs- und Querschnitt. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Fam. 4. Erythroxylaceae. Blüten regelmäßig. Kronenblätter innen mit zungenförmigem Anhängsel; Staubblätter am Grunde zu einer kurzen Röhre verwachsen. Fruchtknoten mit meist nur einem ausgebildeten Fach, 1—2 Samenanlagen; Steinfrucht. — Holzpflanzen mit in die Blattachseln verschobenen Nebenblättern.

Erythroxylon Coca (Peru) enthält in den Blättern das Alkaloid Cocain.

Fam. 5. Zygophyllaceae. Blüten regelmäßig, fünf- oder vierzählig. Kräuter oder Holzpflanzen mit meist dekussierten, paarig gefiederten Blättern und Nebenblättern.

Offizinell: Lignum Guajaci von Guajacum officinale (Centralamerika), »Pockholz«, durch außerordentliche Härte und Schwere ausgezeichnet. Das Harz entsteht in den Zellen der Markstrahlen. — (Fig. 307.)

Fam. 6. Tropaeolaceae. Blüten unregelmäßig, $K5\ C5\ A4 + 4\ G\underline{(3)}$. Das hintere Kelchblatt auf einem Achsensporn, die drei unteren Kronenblätter mit Nagel, gewimpert, die beiden medianen Staubblätter (also je eines jedes Kreises) unterdrückt. Fruchtknoten dreifächerig mit je einer Samenanlage. Samen ohne Endosperm. Kräuter ohne Nebenblätter.

Tropaeolum, mit schildförmigen Blättern.

Fam. 7. Polygalaceae. Blüten unregelmäßig mit medianer Symmetrie; die beiden seitlichen Kelchblätter bedeutend vergrößert, die sog. »Flügel« (Fig. 308 *k'*). Kronenblätter gewöhnlich nur drei (die beiden seitlichen fehlen), davon das vorderste sehr groß, kielförmig gefaltet; Staubblätter meist acht (die beiden medianen fehlen) zu einer hinten offenen

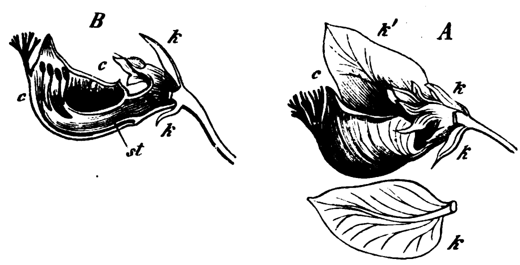


Fig. 308. Blüte von Polygala grandiflora. *A* von außen nach Wegnahme des zugewendeten großen Kelchblattes; *B* im Längsschnitt. *k* Kelch, *k'* Flügel, *c* Krone, *st* Staubblätterröhre (nach *Sachs*).

Röhre verwachsen, mit welcher auch die Krone, wenigstens das vordere Blatt, verschmolzen ist (Fig. 308). Fruchtknoten aus zwei medianen Fruchtblättern bestehend, zweifächerig, mit je einer hängenden Samenanlage. Kapsel. Die Blüte gleicht entfernt einer Papilionaceenblüte; es ist aber wohl zu beachten, dass die beiden »Flügel« hier dem Kelch angehören.

Polygala, kleine, an der Basis holzige Kräuter.

Offizinell: Radix Senegae von Polygala Senega (Nordamerika).

Fam. 8. Rutaceae. Blüten meist regelmäßig. Fruchtknoten bisweilen teilweise apokarp, doch meist mit verwachsenen Griffeln; Antheren intrors. In den Blättern und der Rinde lysigene Ölbehälter.

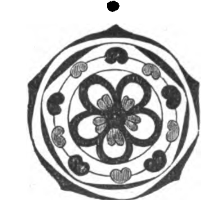


Fig. 309. Diagramm der Blüte von Dictamnus.

Unterfam. 1. Rutoideae. Placenten in die Fruchtknotenfächer vorspringend, mit 3 oder mehr Samenanlagen; Same mit Endosperm; loculicide Kapsel. — *Ruta*, mit fünfzähligen Gipfelblüten, vierzähligen Seitenblüten; *Dictamnus* Fraxinella mit unregelmäßiger Blüte.

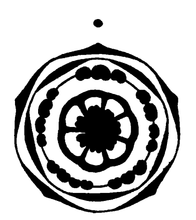
Unterfam. 2. Diosmoideae. Fruchtknotenfächer mit nur zwei Samenanlagen. Blätter stets einfach. — *Barosma, Agathosma, Empleurum*.

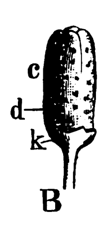
Unterfam. 3. Xanthoxyloideae. Blüten meist polygam-diöcisch. — *Xanthoxylum*.

Unterfam. 4. Toddalioideae. Fruchtknoten vollkommen synkarp, saftige oder trockene, geflügelte Schließfrucht. — *Ptelea.*

Unterfam. 5. Aurantioideae. Fruchtknoten synkarp, meist vielgliederig; Beere; Kelch synsepal. — *Citrus* mit zahlreichen, in eine unbestimmte Anzahl von Bündeln verwachsenen Staubblättern (Fig. 310 *A*). Fruchtknotenfächer meist mehr als Kronenblätter, während der Fruchtreife von einem saftigen, der Wandung entsprossenden Gewebe ausgefüllt. In den Blütenteilen und der Frucht findet sich reichlich ätherisches Öl. Blätter, ursprünglich gefiedert, sind auf das Endblättchen reduziert, wie sich aus der Gliederung zwischen der Spreite und dem geflügelten Blattstiel ergiebt. *Citrus* medica, Citrone; Citrus Bigaradia, bittere Orange, und C. Aurantium, Apfelsine, ursprünglich aus dem tropischen Asien stammend.

Offizinell: Fructus immaturi und Cortex Fructus Aurantii von Citrus vulgaris; Cortex Fructus Citri von Citrus Limonum; Folia Jaborandi, Fiederblätter von Pilocarpus pennatifolius (Brasilien).





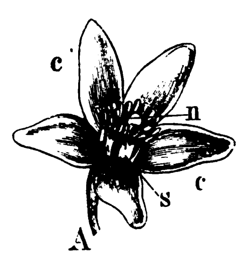


Fig. 310. Blüte und Diagramm von Citrus. *A* geöffnet, *c* Krone, *s* die teilweise verwachsenen Staubblätter, *n* Narbe; *B* Knospe, *k* Kelch, *c* Krone, *d* die Ölbehälter.

Fam. 9. Meliaceae. Staubblätter monadelphisch, mit Anhängseln der Filamente; keine lysigenen Ölbehälter, wohl aber Sekretzellen.

Von *Swietenia* Mahagoni in Amerika stammt das Acajou- oder Mahagoniholz; andere Repräsentanten liefern teils farbige, teils durch ihre Festigkeit ausgezeichnete Hölzer; das von *Cedrela*-Arten wird oft fälschlich Cedernholz genannt (Cigarrenkistchen).

Fam. 10. Simarubaceae. Blüten stets regelmäßig, bisweilen diklin. Rinde und Holz mit Bitterstoff, bisweilen schizogene Ölgänge im Mark.

Ailanthus, Götterbaum (China), mit vielpaarig gefiederten Blättern, geflügelter Schließfrucht, Zierbaum.

Offizinell: Lignum Quassiae von Quassia amara und Picraena excelsa (Südamerika).

Fam. 11. Burseraceae. Blüten regelmäßig. Fruchtknoten synkarp, mit 2 Samenanlagen in jedem Fach. Im Phloem Harzgänge.

Offizinell: Myrrha, Gummiharz von Commiphora Myrrha (Arabien, Somaliland). — Boswellia Carteri liefert Weihrauch (Arabien, Somaliland).

Fam. 12. Euphorbiaceae. Blüten diklinisch, sehr selten heterochlamydeisch, meist homöochlamydeisch, oft nackt; Fruchtknoten meist dreifächerig, mit je einer oder zwei hängenden Samenanlagen. Samen oft mit Caruncula. Samen mit Endosperm. Im übrigen ist der Blütenbau sehr mannigfaltig. Pflanzen von sehr verschiedenem Aussehen, bisweilen mit ungegliederten Milchröhren, häufig Gerbstoffschläuche.

Die Gattung Euphorbia trägt Pleiochasien oder Dichasien, deren Zweige mit eigentümlichen Gebilden abschließen, die man früher für

hermaphrodite Blüten gehalten hat, die aber als Blütenstände zu betrachten sind und Cyathium heißen. Jedes Cyathium besitzt eine röhrig verwachsene Hülle, zwischen deren fünf Zipfeln drüsige Anhängsel, oft von halbmondförmiger Gestalt, stehen. Innerhalb dieser Hülle stehen nun in fünf Wickeln eine große Anzahl männlicher Blüten, deren jede nur auf ein einziges Staubblatt reduziert ist, und terminal auf längerem Stiele eine

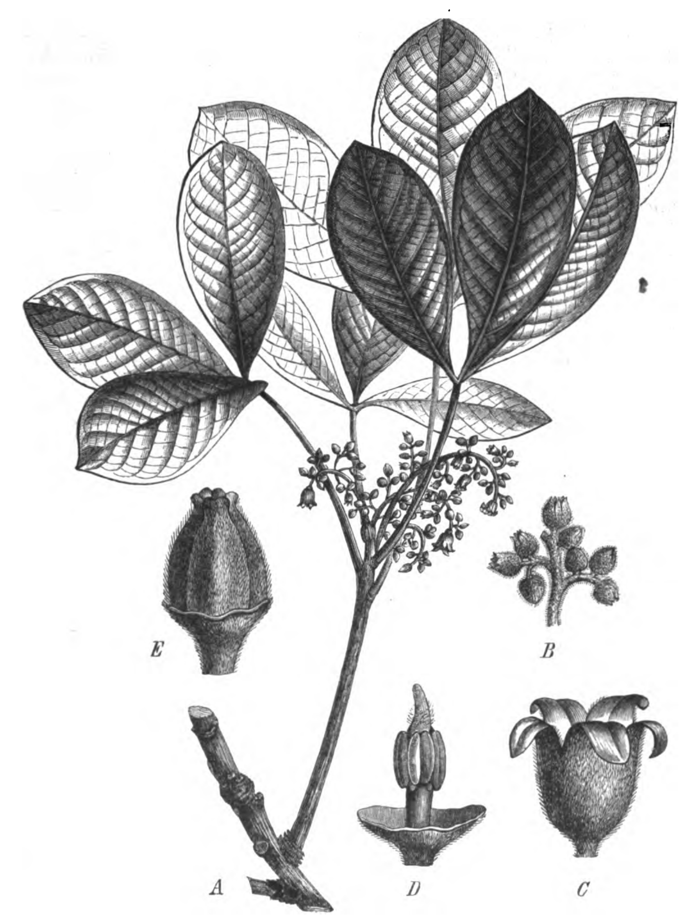


Fig. 311. Hevea guyanensis. *A* Blühender Zweig; *B* Teil des Blütenstandes; *C* und *D* männl. Blüte; *E* weibliche Blüte, in *D* und *E* die Blütenhülle entfernt. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

weibliche Blüte, die nur aus dem dreifächerigen Fruchtknoten besteht, nur bisweilen an dessen Basis die Andeutung einer Blütenhülle erkennen lässt. Dass das Cyathium ein Blütenstand, keine Einzelblüte ist, zeigt am schlagendsten der Vergleich mit ausländischen Gattungen, bei denen die Blütenhülle um jedes einzelne Staubblatt deutlich entwickelt ist. — In jedem Fache des dreifächerigen Fruchtknotens findet sich eine Samenanlage; der Same ist mit einer Caruncula versehen.

Bei Mercurialis (diöcisch) bestehen die männlichen Blüten aus einer dreiblätterigen Blütenhülle und zahlreichen Staubblättern, die weiblichen aus einer ähnlichen Blütenhülle und einem zweifächerigen Fruchtknoten.

Ricinus (trop. Afrika) trägt monöcische Blüten in zusammengesetztem Blütenstande, an welchem unten die männlichen, oben die weiblichen stehen. Blütenhülle fünfteilig. Staubblätter zahlreich, verzweigt.

Euphorbia, Wolfsmilch, enthält krautartige, zum Teil einjährige Arten; einige sind kleine Sträucher; in Afrika und auf den kanarischen Inseln ist die Gattung durch Arten vertreten, die in ihrem Äußeren den Cacteen auffallend ähnlich sehen; die Stämme sind dick, zylindrisch, kantig oder kugelig und tragen kleine Blätter, welche gewöhnlich rasch abfallen. — *Ricinus* communis, aus Afrika stammend, häufig kultiviert. — Arten von *Phyllanthus* besitzen Phyllokladien, welche in kleinen, seitlichen Einkerbungen in der Achsel winziger, borstenförmiger Blätter die kleinen Blüten tragen. — Von *Manihot* utilissima (Südamerika) kommt das Stärkemehl als Tapiocca in den Handel. — Von *Hevea* guyanensis im tropischen Amerika stammt der meiste Kautschuk (Fig. 311).

Offizinell: Euphorbium, Gummiharz von Euphorbia resinifera (Marokko); Öl aus den Samen von Ricinus communis und Croton Tiglium (Ostindien); Cortex Cascarillae von Croton Eluteria (Bahama-Inseln, Florida); Kamala, die Drüsen der Früchte von Mallotus philippinensis (malay. Geb.).

Fam. 13. Callitrichaceae. Wasserpflanzen mit dekussierten, linealischen oder eiförmigen Blättern, in deren Achseln einzeln die nackten, diklinischen Blüten stehen; die männlichen enthalten nur ein Staubblatt, die weiblichen einen dimeren, aber unecht vierfächerigen Fruchtknoten mit vier hängenden Samenanlagen. — Familie von unsicherer Stellung. (Einzige Gattung Callitriche.)

Reihe 17. Sapindales.

Blüten nach dem eucyklischen Typus gebaut, mit zwei oder einem epipetalen Staubblattkreis, zuweilen reduziert. Samenanlagen hängend mit dorsaler Raphe oder aufsteigend mit ventraler Raphe. Meist Holzpflanzen.

Fam. 1. Buxaceae. Blüten monöcisch in Ähren oder Trauben, worin gewöhnlich die Endblüte weiblich, die Seitenblüten männlich sind; letztere mit vierteiligem Perigon und vier Staubblättern, weibliche mit einem dreifächerigen Fruchtknoten; Kapsel fachspaltig aufspringend. Sträucher.

Buxus sempervirens, Buchsbaum, immergrüner Strauch in West- und Südeuropa, mit sehr hartem Holze.

Fam. 2. Empetraceae. Samenanlagen aufsteigend; Blüten diöcisch, mit 3 Kelch-, 3 Kronen-, 3 Staubblättern und 6—9fächerigem Fruchtknoten. Steinfrucht. Sträucher von Erica-ähnlichem Aussehen.

Empetrum nigrum, kleiner Strauch.

An diese Familien schließen sich an die Coriariaceae, Cyrillaceae und Limnanthaceae.

Fam. 3. Anacardiaceae. Fruchtknoten oft wenig gliederig, zuweilen nur ein Fruchtblatt vollkommen ausgebildet. Schizogene Harzgänge.

Rhus, in mehreren Arten häufige Ziersträucher; Rh. Coriaria (Mittelmeergeb.) findet in der Gerberei Anwendung; Rh. vernicifera liefert japanesischen Lack. — Bei

Cotinus Coggygria, Perrückenstrauch, abortieren viele Blüten, während die behaarten Blütenstiele sich sehr verlängern. — *Pistacia* (Kronenblätter und epipetale Staubblätter fehlen) vera (Mittelmeergeb.) mit essbaren Früchten; P. Lentiscus liefert Mastix. — Bei *Anacardium* entwickelt sich der Fruchtstiel zu einem fleischigen birnförmigen Körper, welchem die nierenförmige Schließfrucht aufsitzt. — *Mangifera* indica (ind.-malay.) tropische Obstpflanze.

Fam. 4. Celastraceae. Blüten vier- oder fünfgliederig. 4 oder 5 Staubblätter, sowie der Fruchtknoten einem polsterförmigen Discus eingefügt. Fruchtknotenfächer mit meist zwei aufrechten Samenanlagen (Fig. 312). Blätter zerstreut oder gegenständig, ganz, mit Nebenblättern.

Evonymus, Pfaffenköpfchen, mit loculicider Kapsel und orangerotem Arillus des Samens. — *Catha* edulis (Ostafrika, Arabien) liefert den Kat-Thee.

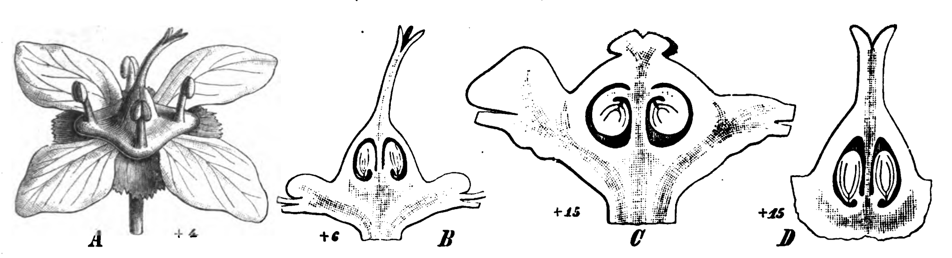


Fig. 312. Blüten von Celastraceae, z. T. im Längsschnitt: *A* und *B* Evonymus europaea; *C* Ev. latifolia; *D* Gymnosporia spec. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Fam. 5. Staphyleaceae. Blüten fünfgliederig; 5 Staubblätter außerhalb des Discus. Blätter gegenständig, gefiedert, mit Nebenblättern.

Staphylea, Pimpernuss, mit aufgeblasener Kapsel.

Fam. 6. Ilicineae. Blüten vier-, fünf- (selten sechs-) gliederig, mit einem Staubblattkreis. Kein Discus. Samenanlage nur eine im Fruchtknotenfach, hängend. Kronenblätter an der Basis etwas untereinander verklebt. Blätter zerstreut, ohne Nebenblätter.

Ilex Aquifolium, Stechpalme (S. und W. Europa), mit lederartigen, immergrünen, dornig gezähnten Blättern, Beerenfrucht, in Gärten in vielen Varietäten kultiviert. I. Bonplandiana, gigantea, Humboldtiana u. a. liefern Mate-Thee (Südbrasil.).

An die genannten Familien schließen sich an die Stackhousiaceae, Hippocrateaceae, Icacinaceae.

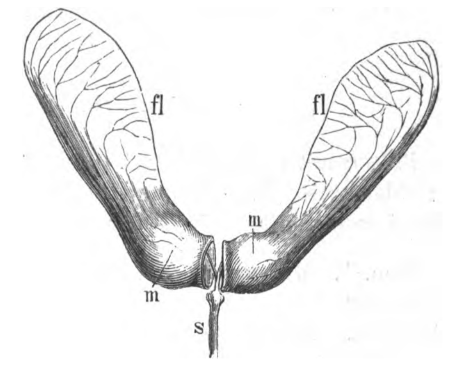


Fig. 313. Frucht des Bergahorns, in die beiden Teilfrüchte *m* zerfallend; *s* Blütenstiel; *fl* die flügelartigen Anhängsel (nat. Gr.).

Fam. 7. Aceraceae. Blüten 5- (oder 4-) gliederig, meist nur 8 Staubblätter. Fruchtknoten zweifächerig mit je zwei Samenanlagen, bei der Reife in zwei einsamige, geflügelte Teilfrüchte (Fig. 313) zerfallend. Blätter gegenständig, meist gelappt, ohne Nebenblätter. Blüten in terminalen Trauben oder Rispen.

Acer, Ahorn; aus dem Safte besonders von A. saccharinum und dasycarpum wird Zucker gewonnen.

Fam. 8. Hippocastanaceae. Bäume oder Sträucher mit gegenständigen, handförmig zusammengesetzten Blättern, ohne Nebenblätter, und großen unregelmäßigen Blüten in Wickeltrauben.

Aesculus, Rosskastanie; Frucht springt loculicid auf, die Samen haben eine entfernte Ähnlichkeit mit den Früchten von Castanea. A. Hippocastanum (Griechenland). A. carnea, A. Pavia u. a. häufig kultiviert.

Fam. 9. Sapindaceae. Blüten regelmäßig oder unregelmäßig, meist 8 Staubblätter innerhalb des Discus; Fruchtknoten zwei- oder meist dreifächerig, mit 1—2 Samenanlagen in jedem Fach; Samen ohne Endosperm, oft mit Arillus. Meist kletternde Sträucher (Lianen) mit wechselständigen, fiederig zusammengesetzten Blättern. Samenanlagen meist aufrecht, gekrümmt.

Sapindus Saponaria in Westindien mit Fruchtfleisch, das mit Wasser wie Seife schäumt; die Samen von *Paullinia* sorbilis in Brasilien dienen zur Herstellung der Pasta Guarana; *Koelreuteria* paniculata, Zierbaum aus Ostasien; die Früchte von *Nephelium* Litchi in Südchina haben einen essbaren Arillus.

Fam. 10. Balsaminaceae. Blüten unregelmäßig, $K5$ $C5$ $A5 + 0$ $G(5)$. Das hintere Kelchblatt mit Sporn, die beiden vorderen kleiner oder ganz fehlend; das vordere Kronenblatt größer. Fruchtknoten fünffächerig, mit zahlreichen Samenanlagen in jedem Fach; die Frucht springt elastisch septifrag auf mit Loslösung der Außenwand von der Mittelsäule. Kräuter mit durchscheinendem Stengel, einfachen Blättern, ohne Nebenblätter.

Impatiens, deren reife Frucht bei der geringsten Berührung aufspringt. I. Balsamina, verbreitete Zierpflanze aus Ostindien.

Hierher gehören auch die Melianthaceae.

Reihe 18. Frangulinae.

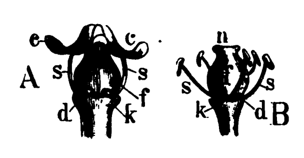
Blüten mit eucyklischem Typus, aber nur ein der Krone superponierter Staubblattkreis; Fruchtknoten zwei- oder dreifächerig mit je 1 oder 2 aufrechten Samenanlagen im Fach; Samen mit Endosperm. Holzpflanzen.

Fam. 1. Rhamnaceae. Blüten häufig perigyn bis epigyn. Kronenblätter stets klein, oft kapuzenförmig die vor ihnen stehenden Staubblätter einhüllend. Blüten zuweilen diklinisch. Discus den Fruchtknoten umgebend. Je eine aufrechte Samenanlage in jedem Fruchtknotenfach. Blätter meist zerstreut, ganz, mit Nebenblättern. Stein- oder Kapselfrucht.

Rhamnus cathartica, Kreuzdorn (Europa, Sibirien), mit dekussierten Blättern, dornigen Zweigenden; Rh. Frangula (Europa, westl. Asien) mit zerstreuten Blättern, dessen Holz eine sehr leichte Kohle giebt; von Rh. infectoria u. a. in Südeuropa wird der Farbstoff der Beeren technisch verwertet.

Offizinell: Cortex Frangulae von Rhamnus Frangula. — Fructus Rhamni catharticae von Rhamnus cathartica.

Fam. 2. Vitaceae. Blüten vier- oder fünfzählig. Kelchblätter klein; Krone oft vor dem Aufblühen mützenförmig abgeworfen (Fig. 314 *A*, *c*).



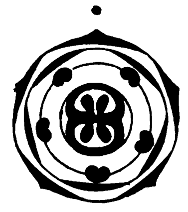


Fig. 314. Blüte von Vitis vinifera, nebst Diagramm; *A* im Aufblühen begriffen, *B* geöffnet; *k* Kelch, *c* Krone, *d* Discusdrüsen, *s* Staubfäden, *f* Fruchtknoten, *n* Narbe (etwas vergr.).

Discus zwischen Andröceum und Gynäceum, meist in einzelne Drüsen ausgezogen. Je zwei aufrechte Samenanlagen in jedem Fruchtknotenfach. Beere. Meist rankende Sträucher mit handförmig gelappten oder geteilten Blättern, mit oder ohne Nebenblätter.

Vitis vinifera, Weinstock, vielleicht aus dem Orient stammend, in zahllosen Varietäten kultiviert; andere Arten (V. vulpina, V. Labrusca), sowie *Parthenocissus* quinquefolia, wilde Rebe in Nordamerika, häufig kultiviert. Den Blättern gegenüber entspringen Ranken, welche aus der Achsel kleiner schuppenförmiger Blätter sich weiter verzweigen (s. o. S. 33, Fig. 33 *A*); die Rebe ist als Sympodium aufzufassen, indem jede Ranke, ebenso jeder Blütenstand, das Ende eines Sprosses vorstellt; die Ranken können als umgebildete Blütenstände betrachtet werden.

Offizinell: Vinum von Vitis vinifera.



Fig. 315. Blütenstand der Linde, Tilia grandifolia; *a* Zweig, *b* Blattstiel mit Achselknospe, *h* Flügelblatt, *k* Kelch, *c* Krone, *s* Staubblätter, *f* Fruchtknoten, *kn* Blütenknospen (nat. Gr.).

Reihe 19. Columniferae.

Blüten cyklisch, mit Kelch und Krone, vorherrschend pentamer, regelmäßig; Kelch valvat, Krone gedreht. Staubblätter ursprünglich in 2 Kreisen, fast stets verzweigt und außerdem oft verwachsen. Karpelle meist 5 oder mehr, einen synkarpen, gefächerten Fruchtknoten bildend.

Fam. 1. Tiliaceae. Bei unseren einheimischen Repräsentanten ist der episepale Staubblattkreis unterdrückt, die Glieder des epipetalen verzweigt, die Zweige ganz frei, zuweilen die innersten zu Staminodien

umgebildet; die Antheren ungespalten. Fruchtknoten fünffächerig mit je zwei Samenanlagen; Frucht meist einsamig. Meist Bäume oder Sträucher mit Nebenblättern, mit Schleimschläuchen in Rinde und Mark.

Die einzige bei uns einheimische Gattung ist *Tilia*, Linde. Blätter zweizeilig mit abfallenden Nebenblättern; Jahrestriebe ohne Gipfelknospe. Die Blütenstände mit einem eigentümlichen Blatt, dem »Flügelblatt«, teilweise verwachsen, dessen Stellung aus Folgendem erhellt. In der Achsel der meisten Blätter steht eine Knospe nebst einem Blütenstand (Fig. 315); das Flügelblatt (Fig. 315 *h*) und die gegenüberstehende Knospenschuppe sind die beiden ersten Blätter des in der Blattachsel befindlichen Sprosses, der mit dem Blütenstande abschließt, und welchem das Flügelblatt eine Strecke weit anwächst. Die Winterknospe steht in der Achsel der oben erwähnten ersten Knospenschuppe. Der Blütenstand selbst schließt mit einer Endblüte ab; aus der Achsel zweier Hochblätter kommen weitere Blüten, aus deren Vorblättern sich die Verzweigung wiederholen kann. — Bei den amerikanischen Arten und der osteuropäischen T. tomentosa sind die innersten Staubblattzweige Staminodien. — *Corchorus* in Ostindien liefert die als Jute bekannte Gespinnstfaser.

Offizinell: Flores Tiliae von Tilia grandifolia und parvifolia (Europa, Fig. 315).

Fam. 2. Malvaceae. Kelch meist synsepal, Krone an der Basis etwas mit dem Andröceum verwachsen; letzteres bildet eine oben in zahlreiche Zweige auseinandergehende Röhre (Fig. 316 *A*, *s*), verwachsen aus fünf

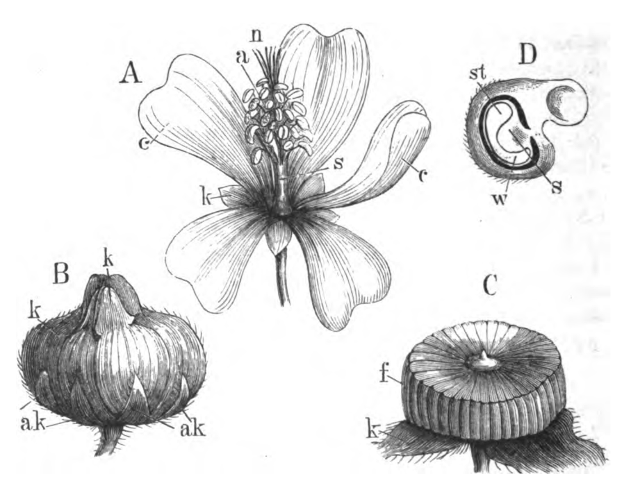


Fig. 316. *A* Blüte von Malva Alcea (nat. Gr.). *k* Kelch, *c* Krone, *s* die verwachsenen Staubblätter mit den Antheren *a*, *n* Narben. *B* Frucht von Althaea rosea im Kelch *k* eingeschlossen, *ak* Außenkelch; *C* dieselbe nach Entfernung des Kelches. *D* ein einzelnes Fach derselben im Längsschnitte, *s* der Same, *w* Würzelchen, *st* Kotyledonen des Embryos (vergr.).

episepalen verzweigten Staubblättern, deren Antheren ebenfalls gespalten, daher »einfächerig« sind (Fig. 316 *A*, *a*). Fruchtknoten aus meist vielen Karpellen gebildet, vielfächerig (Fig. 316 *C*, *f*), mit meist je einer Samenanlage in jedem Fach (Fig. 316 *D*, *s*). An der Basis der Blüte häufig eine von Hochblättern gebildete Hülle, der Außenkelch. Sträucher oder Kräuter mit Nebenblättern und meist handförmiger Nervatur der Blätter, mit Schleimschläuchen in Rinde und Mark.

Malva mit dreiblätterigem, *Hibiscus* mit vierblätterigem, *Althaea* mit sechs- bis neunspaltigem Außenkelch. — *Gossypium* barbadense (trop. Amerika), arboreum (Westafrika), herbaceum (Ostindien, Arabien) liefern Baumwolle, welche aus den langen Haaren der Samenschale besteht (Fig. 317).

Offizinell: Folia Malvae von Malva vulgaris und M. silvestris (Europa, Vorderasien); Flores Malvae von Malva silvestris; Folia und Radix Althaeae von Althaea officinalis, Eibisch (Europa, Sibir.). — Gossypium depuratum, Samenwolle von Gossypium arboreum, herbaceum (Fig. 317) u. a.



Fig. 317. Gossypium herbaceum. (Nach *Parlatore*.)

Fam. 3. Bombacaceae. Mit vor. Familie nahe verwandt, Holzgewächse umfassend. — *Adansonia* digitata, Affenbrotbaum (Afrika).

Fam. 4. Sterculiaceae. Kelch synsepal; die epipetalen Staubblätter meist verdoppelt oder verzweigt, die episepalen sind Staminodien oder unterdrückt, alle zu einer Röhre verwachsen. Die Krone fehlt zuweilen.

Theobroma Cacao, ein aus dem tropischen Amerika stammender Baum. Die Samen, welche einen stickstoffhaltigen Körper, das Theobromin, und festes Fett enthalten, dienen zur Bereitung der Chokolade.

Offizinell: Oleum Cacao, aus den Samen von Theobroma Cacao (Fig. 318).

Reihe 20. Parietales.

Blüten cyklisch oder hemicyklisch, mit Kelch und Krone, vorherrschend pentamer, hypogyn bis peri- und epigyn. Staubblätter meist zahlreich, bei einzelnen jedoch in gleicher oder doppelter Anzahl wie die Kronenblätter.

Karpelle synkarp, häufig weniger als Kelchblätter; Fruchtknoten ein- oder mehrfächerig, nie mit falscher Scheidewand.

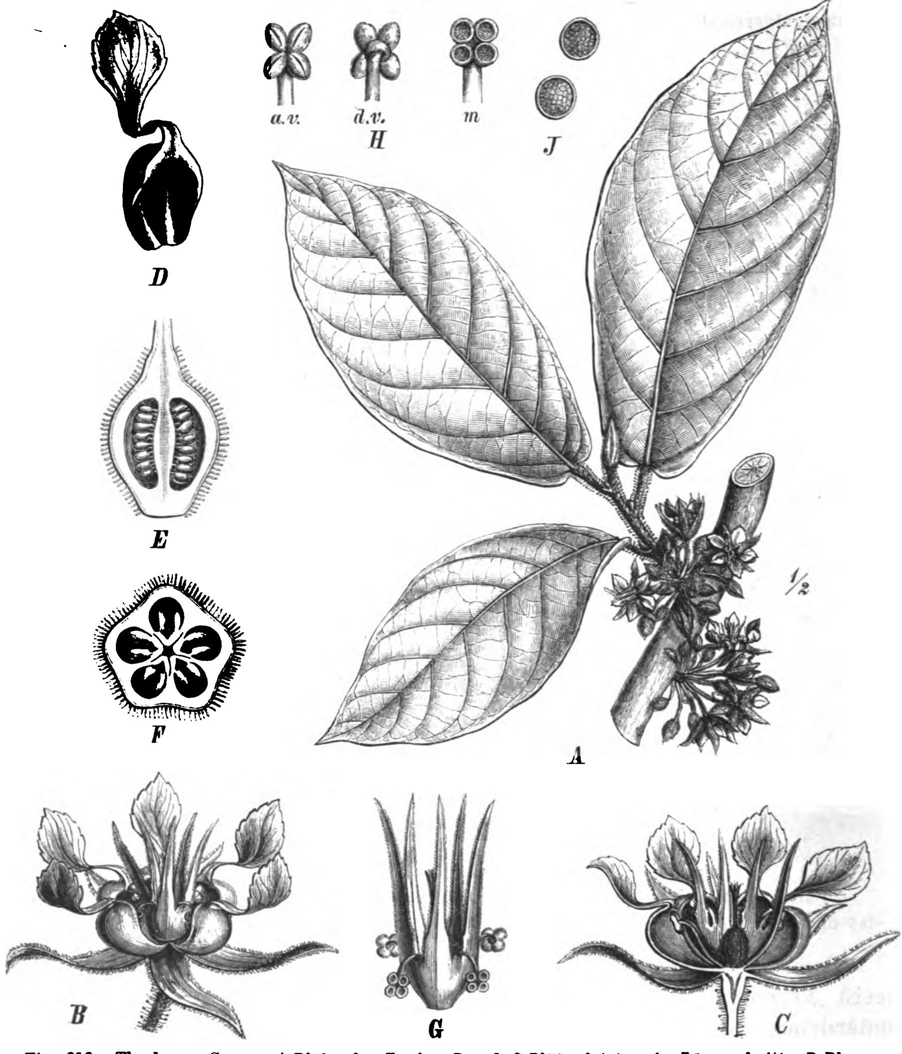


Fig. 318. Theobroma Cacao. *A* Blühender Zweig; *B* und *C* Blüte, letztere im Längsschnitt; *D* Blumenblatt; *E* und *F* Fruchtknoten im Längs- und Querschnitt; *G* Staubblattröhre; *H* einzelne Staubblätter von vorn (*a.v.*), hinten (*d.v.*) und reif (*m*); *J* Pollenkörner. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Die Parietales gliedern sich in folgende Gruppen:

A. Hypogyne Insertion: Dilleniaceae, Eucryphiaceae, Ochnaceae, Caryocaraceae, Marcgraviaceae, Quiinaceae, Chlaenaceae, Theaceae, Guttiferae, Dipterocarpaceae, Elatinaceae, Tamaricaceae, Frankeniaceae, Cistaceae, Bixaceae, Canellaceae, Violaceae.

B. Perigyne Insertion: Flacourtiaceae, Turneraceae, Malesherbiaceae, Passifloraceae, Caricaceae.

C. Epigyne Insertion: Loasaceae, Begoniaceae, Datiscaceae.

Fam. 1. Theaceae (Ternstroemiaceae z. T.). Blüten in der Blütenhülle (und oft im Andröceum) spiralig, der Kelch von den zahlreichen Hochblättern nicht scharf geschieden. Staubblätter zahlreich. Fruchtknoten mehrfächerig. Bäume oder Sträucher mit zerstreut gestellten, ganzen, meist lederartigen Blättern ohne Nebenblätter.

Thea japonica, bekannte Zierpflanze, Kamellie. — Die getrockneten Blätter von Th. chinensis sind der bekannte Thee; die Sorten des schwarzen und grünen Thees unterscheiden sich nur durch die Behandlungsweise der Blätter beim Trocknen.

Fam. 2. Guttiferae. Blüten regelmäßig, häufig noch hemicyklisch, ein- oder zweigeschlechtlich, in den Zahlenverhältnissen schwankend. Staubblätter oft verwachsen. Samen ohne Nährgewebe. Meist Holzgewächse, seltener Sträucher, mit einfachen, oft gegenständigen, häufig immergrünen Blättern. Blüten meist ansehnlich. Stets schizogene Ölbehälter.

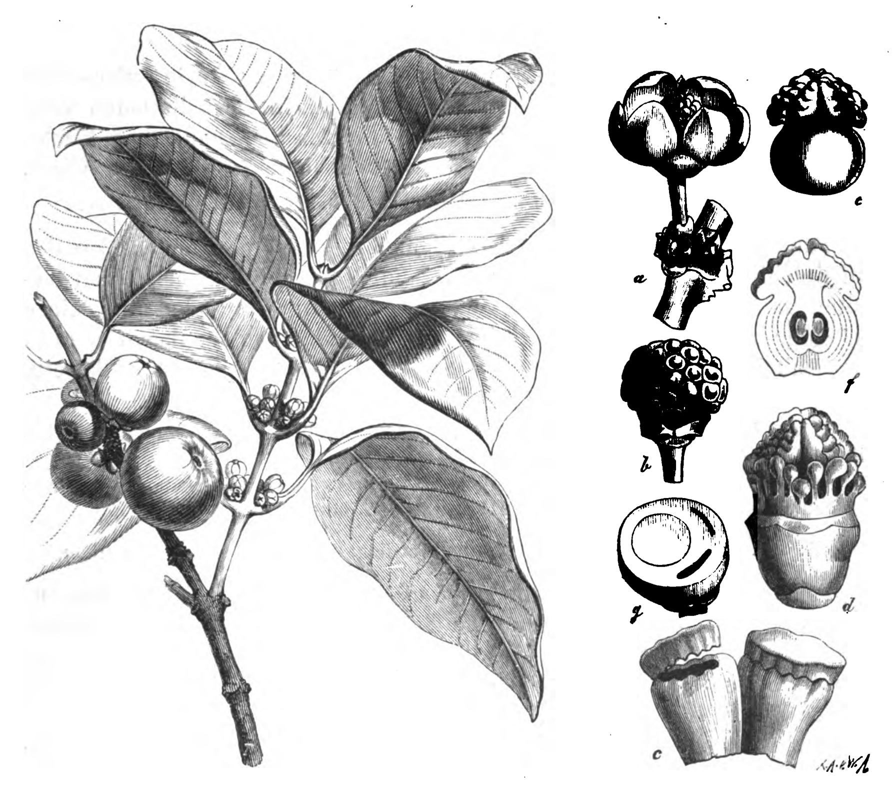


Fig. 319. Garcinia Hanburyi. Zweig mit ♀ Blüten und Früchten. *a* weibliche Blüte, *b* männliche Blüte; *c* Staubblätter; *d* Gynäceum, umgeben von Staminodien, *e* dasselbe ohne sie, *f* im Längsschnitt, *g* im Querschnitt. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Von den tropischen Gattungen seien erwähnt *Mammea* americana (Westindien) und *Garcinia* Mangostana (Ostindien), Obstpflanzen der Tropen; *Calophyllum* Inophyllum und C. Tacamahaca (trop. Afrika — Polynesien) liefern Gummiharz. Am wichtigsten *Garcinia* Morella, Hanburyi u. a. Arten aus Ostindien und dem malay. Gebiet, als Stammpfl. des Gummi gutti (Fig. 319).

Bei uns einheimisch Hypericum, aus der Unterfam. Hypericoideae. Die zahlreichen Staubblätter stehen in 3 oder 5 den Kronenblättern superponierten Bündeln. Fruchtknoten ein- oder mehrfächerig oder mehrkammerig; Samenanlagen zahlreich, wandständig, anatrop. Kräuter oder Halbsträucher mit dekussierten, ganzen Blättern, die von zahlreichen Ölbehältern durchsichtig punktiert sind, ohne Nebenblätter.

Offizinell: Gutti, Gummiharz von Garcinia Morella, Hanburyi (Fig. 319) u. a. (Indisch-malay.)

Fam. 3. Dipterocarpaceae. Bäume, meist mit Nebenblättern. Der Kelch vergrößert sich bei der Fruchtreife bedeutend.

Dryobalanops Camphora in Sumatra und Borneo liefert den sogenannten Borneokampher. — Von *Shorea*-Arten stammt auch ein Teil des Dammarharzes.

Fam. 4. Elatinaceae. Wasserpflanzen mit quirligen oder dekussierten, ganzen Blättern; Blüten regelmäßig, zwitterig, 4- bis 6-zählig: $Kn\ Cn\ An + n\ G\ \underline{(n)}$. Blüten einzeln in den Blattachseln ohne Vorblätter. — Elatine.

Fam. 5. Tamaricaceae. Blüten regelmäßig, zwitterig, vier- oder fünfgliederig, mit einem oder zwei Staubblattkreisen. Fruchtknoten meist trimer, einfächerig, mit grund- oder wandständigen Samenanlagen. Kapsel loculicid. Same ohne Endosperm mit haarigem Schopf. Trauben oder Ähren.

Myricaria, Tamariske, mit monadelphischen Staubblättern. — *Tamarix*.

Fam. 6. Cistaceae. Blüten regelmäßig, meist pentamer. Von den fünf Kelchblättern sind gewöhnlich die beiden äußeren kleiner, fehlen bisweilen ganz. Staubblätter zahlreich. Fruchtblätter drei oder fünf, einen ein- oder mehrfächerigen Fruchtknoten bildend. Samenanlagen gerade. Same mit Endosperm. Bäume oder Stauden mit oft opponierten Blättern, mit Nebenblättern.

Cistus ladaniferus, creticus u. a. Arten (Mittelmeergeb.) schwitzen ein balsamisches Harz aus. — *Helianthemum*, Halbstrauch.

Fam. 7. Bixaceae. *Bixa* Orellana in Amerika enthält im Samen einen rotgelben Farbstoff, der als Terra Orellana in den Handel kommt.

Fam. 8. Canellaceae. *Canella* alba (Antillen) liefert Cortex Canellae albae.

Fam. 9. Violaceae. Blüten $K5\ C5\ A5\ G\ \underline{(3)}$, stets seitlich; Samenanlagen anatrop, an der Wand des einfächerigen Fruchtknotens; loculicide Kapsel (Fig. 320 *C*). Same mit Endosperm. Die bei uns einheimischen Pflanzen haben unregelmäßige Blüten: das vordere untere Kronenblatt ist in einen Sporn verlängert (Fig. 320 *A*, *cs*), in welchem der von den spornförmigen Anhängseln der unteren Staubblätter (Fig. 320 *A*, *fs*) abgeschiedene Nektar sich ansammelt. Die Kelchblätter besitzen an der Basis Anhängsel (Fig. 320 *A*, *ls*).

Viola, Veilchen; manche Arten besitzen nur einen unterirdischen Stamm, der schuppenartige Niederblätter, gestielte Laubblätter und einblütige, mit Vorblättern versehene Blütenstiele treibt. Bei anderen dagegen stehen die Blütenstiele seitlich an oberirdischen, mit Laubblättern besetzten Stengeln. Bei V. mirabilis sind diese beiden Formen derart vereinigt, dass im Frühjahre vom Rhizome Blüten mit großen blauen Kronenblättern emporkommen, die aber stets unfruchtbar sind, erst später erscheinen an oberirdischen Laubstengeln unscheinbare Blüten mit winzigen Kronenblättern;



nur diese sind fruchtbar. Bei V. tricolor uud verwandten Arten sind die Nebenblätter groß, fiederspaltig oder geteilt, grün.

Offizinell: Herba Violae tricoloris von Viola tricolor (Fig. 320).

Fam. 10. Turneraceae. *Turnera* aphrodisiaca und T. diffusa liefern »Damiana«.

Fam. 11. Passifloraceae. Blüten fünfzählig, meist perigyn, zuweilen diklinisch, zwischen Krone und Andröceum meist zahlreiche fädige und manschettenartige Anhängsel (Discus); das Andröceum nebst dem Gynäceum auf einer säulenförmigen Achsenverlängerung emporgehoben; fünf episepale Staubblätter. Meist handförmige Blätter, Zweigranken.

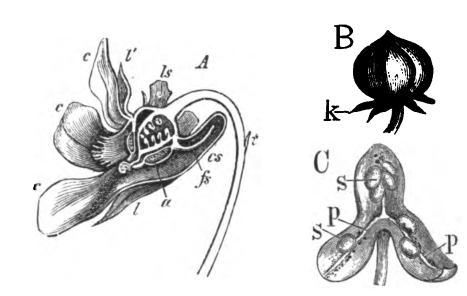


Fig. 320. Viola tricolor. *A* Blüte im Längsschnitt, *v* Vorblatt; *l* Kelchblätter, *ls* deren Anhängsel; *c* Kronenblätter, *cs* der Sporn des unteren Kronenblattes; *fs* spornförmiges Anhängsel der unteren Staubblätter; *a* Antheren (nach *Sachs*). *B* reife Frucht, *k* Kelch, *C* dieselbe aufgesprungen; *p* Placenten, *s* Samen (wenig vergr.).

Passiflora, Passionsblume, aus dem tropischen Amerika, Zierpflanze.

Fam. 12. Caricaceae mit gegliederten Milchröhren. *Carica* Papaya, Melonenbaum, liefert essbare Früchte. Im Milchsaft ein Ferment, das Eiweiß peptonisiert.

Fam. 12. Loasaceae. Blüten epigyn, mit teilweise als Staminodien ausgebildeten Staubblättern. Kapselfrucht. Häufig kletternde Kräuter mit handförmig gelappten Blättern und Brennhaaren.

Fam. 13. Begoniaceae. Blüten diklinisch; die männlichen mit zwei dimeren, korollinischen Perigonquirlen, zahlreichen in ein kugeliges Köpfchen gehäuften Staubblättern, die weiblichen epigyn mit fünf korollinischen Perigonblättern, dreifächerigem Fruchtknoten mit zahlreichen, im Innenwinkel der Fächer entspringenden, anatropen Samenanlagen. Kapsel. Blätter oft sehr groß, meist asymmetrisch. Blütenstand cymös, die männlichen Blüten am Ende der ersten Verzweigungen, die weiblichen am Ende der letzten. — Begonia (Fig. 16, S. 18).

Reihe 21. Opuntiales.

Von zweifelhafter Verwandtschaft. Blüten epigyn mit sehr zahlreichen Kronen- und Staubblättern, oft auch Kelchblättern, meist in spiraliger Anordnung. Fruchtknoten ein- oder mehrfächerig. Die Placenten an der Wandung.

Fam. Cactaceae. Blüten spiralig gebaut, mit zahlreichen Kelch-, Kronen- und Staubblättern ohne scharfe Grenze. Fruchtknoten einfächerig, mit drei oder mehr an der Wand hinablaufenden Placenten, horizontalen Samenanlagen. Endosperm sehr wenig oder keines. Stämme von der verschiedensten Form, Blätter und Achselsprosse meist nur durch Stachel-

büschel angedeutet. — Sämtlich im tropischen Amerika einheimisch, in der alten Welt nur eingewandert.

Mamillaria mit kugeligem oder zylindrischem Stamm, an dem in spiraliger Anordnung stacheltragende Höcker die Blätter andeuten. — *Echinopsis* und *Echinocactus* mit vorspringenden Längskanten, auf denen die Stachelbüschel stehen. — *Cereus* mit kantigem, säulen- oder peitschenförmigem Stamm. — *Phyllocactus* und *Rhipsalis* mit flachgedrücktem, blattähnlichem Stamm. — *Opuntia* und *Nopalea* mit plattem Stamm, der aus einzelnen eiförmigen Trieben sich aufbaut. Auf Nopalea coccinellifera lebt die Cochenille-Schildlaus. — *Peireskia* mit flachen Blättern.

Reihe 22. Thymelaeales.

Blüten regelmäßig, meist vier- oder fünfzählig, perigyn; Krone meist unterdrückt; Staubblätter typisch in zwei Kreisen; Fruchtknoten monomer, mit einer anatropen Samenanlage.

Fam. 1. Thymelaeaceae. Blüten zwitterig. Kelch korollinisch, vierblätterig, der ebenfalls korollinischen Achsenröhre entspringend, mit vierlappigem Saum, die Krone bei ausländischen Gattungen in Form kleiner Schüppchen entwickelt. Die vier episepalen Staubblätter meist höher hinauf der Achsenröhre angewachsen, als die epipetalen (Fig. 321). Samenanlage hängend; Beere.

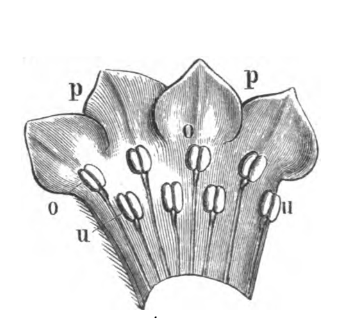


Fig. 321. Kelch *p* von Daphne Mezereum ausgebreitet (5 mal vergr.), *o* die vier oberen, *u* die vier unteren Staubblätter.

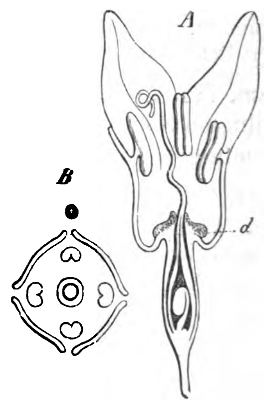


Fig. 322. Zwitterblüte von Elaeagnus fusca, *A* im Längsschnitt, *B* Diagramm (irrtümlich mit diagonaler Stellung des Kelches), *d* Discus (vergr. nach *Sachs*).

Daphne Mezereum, Seidelbast. Die meist dreiblütigen Blütenstände stehen in den Achseln der vorjährigen Laubblätter und entfalten ihre Blüten vor den Laubblättern des gleichen Jahres.

Fam. 2. Elaeagnaceae. Blüten diklinisch oder polygam, vier- oder zweigliederig; die Krone fehlt völlig. Die episepalen Staubblätter fehlen bisweilen (Fig. 322 *B*). Ein Discus (Fig. 322 *A*, *d*) verschließt häufig die Achsenröhre. Schließfrucht, von der Achsenröhre umschlossen. Samenanlage grundständig. Blätter besonders unterseits mit schuppenförmigen Haargebilden (s. Fig. 72 *D*) versehen.

Hippophae rhamnoides, Sanddorn; die kleineren Zweige endigen meist in einen Dorn; Blüten diöcisch, zweigliederig; Blütenachse zur Zeit der Fruchtreife fleischig, orangefarbig. — *Elaeagnus* mit viergliederigen, polygamen Blüten (Fig. 322).

Reihe 23. Myrtiflorae.

Blüten meist regelmäßig, epigyn, bisweilen perigyn, mit meist zwei Staubblattkreisen, synkärpem, gefächertem Fruchtknoten und meist nur einem Griffel. Blattstellung häufig dekussiert. Häufig markständiges Phloem und lysigene Ölbehälter.

Fam. 1. Lythraceae. Blüten mit 2 Staubblattkreisen, von 3—16 schwankender Gliederzahl der Blütenkreise, perigyn; häufig ein aus verwachsenen Nebenblättern gebildeter Außenkelch. Same ohne Endosperm.

Lythrum, Weiderich, K6 C6 A6 + 6 G(2); die Staubblätter der beiden Kreise ungleich lang und mit der Griffellänge kombiniert zu drei verschiedenen Formen der Blüte. — *Lawsonia* inermis (Nordafrika-Ostindien) liefert Farbstoff (Henna).

Fam. 2. Punicaceae. Charakterisiert durch wechselständige Blätter und den Mangel der Ölbehälter. Merkwürdig ist der Bau des Fruchtknotens, welcher 2 Kreise von Fächern, einen äußeren höheren, der Krone gleichzähligen und ihr superponierten, und einen inneren, tieferen, dreizähligen enthält; beide Kreise mit verschiedener Placentation (Fig. 323).

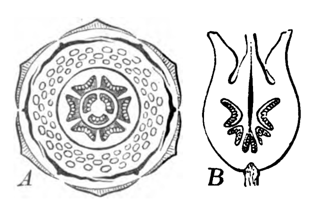


Fig. 323. Punica Granatum. *A* Diagramm, *B* Längsschnitt durch den Fruchtknoten. (Nach *Eichler*.)

Punica Granatum (Mittelmeergeb.), Granatapfel.

Offizinell: Cortex Granati, die Stamm- und Wurzelrinde von Punica Granatum.

Fam. 3. Lecythidaceae. Früchte groß, holzig, mit einem Deckel oder gar nicht aufspringend. — *Bertholletia* excelsa (trop. Südamerika), Paranüsse.

Fam. 4. Rhizophoraceae. Bäume in den Tropen, »Mangroven«, mit Luftwurzeln; bei *Rhizophora* u. a. keimt der Same noch in der an der Pflanze hängenden Frucht und lässt die Keimpflanze zu Boden fallen.

Fam. 5. Myrtaceae. Blüten meist vier- oder fünfzählig mit meist zahlreichen und verwachsenen Staubblättern, epigyn. Same ohne Endosperm. Blätter durch Ölbehälter durchsichtig punktiert.

Unterfam. 1. Myrtoideae. Beere oder Steinfrucht; Staubblätter sehr zahlreich. — *Myrtus* communis, Myrthe (Mittelmeergeb.). — *Psidium, Eugenia, Jambosa, Pimenta.*

Unterfam. 2. Leptospermoideae. Kapsel, die vom Scheitel her loculicid aufspringt. Staubblätter zahlreich oder in episepalen oder epipetalen Bündeln. Blätter bisweilen zerstreut. — *Callistemon*, *Melaleuca*, *Metrosideros*, *Calothamnus* u. a. Zierpflanzen; *Eucalyptus* Globulus in Neuholland wird in warmen, sumpfigen Gegenden angebaut, wo er durch rasches Wachstum und Verdunstung den Boden entwässert.

Offizinell: Caryophylli, Gewürznelken, die Blütenknospen (Fig. 324) von Jambosa Caryophyllus (Molukken).

Nutzpflanzen: Psidium Guajava (trop. Amerika) und Arten vom *Jambosa* Obstbäume der Tropen. — *Pimenta* officinalis (Antillen) liefert engl. Gewürz, Nelkenpfeffer. — Viele Eucalyptus u. a. Nutzhölzer.

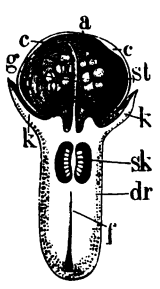


Fig. 324. Blütenknospe von Jambosa Caryophyllus, Gewürznelke, der Länge nach durchschnitten, *f* der unterständige Fruchtknoten mit den Ölbehältern *dr*, den Samenanlagen *sk*; *k* Kelch, *c* Krone, *st* Staubblätter, *a* Antheren, *g* Griffel (etwas vergrößert).

Fam. 6. Onagraceae. Blüten meist durchgehends viergliederig, epigyn, mit gefächertem Fruchtknoten, zahlreichen Samenanlagen. Septifrage Kapsel oder Beere. Same ohne Endosperm. Kelch häufig korollinisch, oft nach unten in eine gleichbeschaffene, in die Achse übergehende Röhre verlängert (Fig. 325 *A*, *r*).

Epilobium (Fig. 325 *B*, *C*) mit septifrager Kapsel, mit Haarschopf versehenen Samen, rosenroten Blüten. — *Oenothera*, Same ohne Haarschopf, mit gelben Blüten (Nordamerika). — *Isnardia*, Sumpfpflanze, ohne Krone. — *Fuchsia* (Fig. 325 *A*) mit Beere (Südamerika). — *Circaea* mit zweizähligen Blüten, *K*2 *C*2 *A*2 G$\overline{(2)}$, Schließfrucht. — *Trapa* natans,

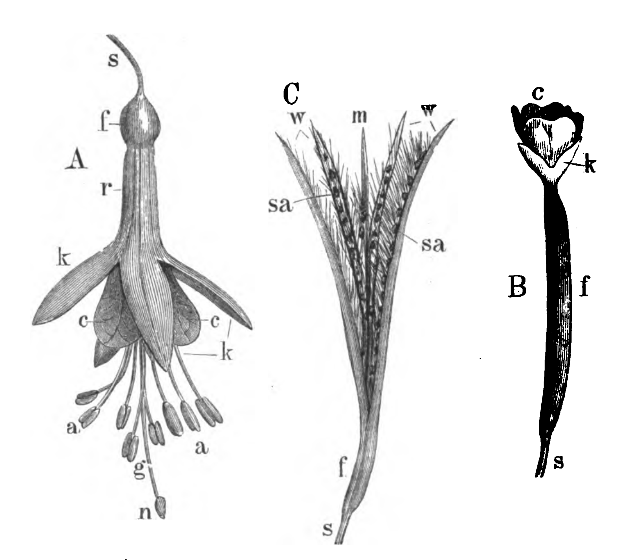


Fig. 325. *A* Blüte von Fuchsia; *s* Blütenstiel, *f* der unterständige Fruchtknoten, *k* Kelch, *a* Staubblätter, *g* Griffel, *n* Narbe. *B* Blüte von Epilobium hirsutum, Buchstaben wie in *A*; *C* Frucht von Epilobium aufgesprungen, *w* die Wandung, *m* die Mittelsäule, aus den Scheidewänden bestehend, *sa* die Samen, mit Haarbüscheln (nat. Gr.).

Wassernuss. Der im Wasser flottierende Stengel trägt eine auf der Oberfläche schwimmende Rosette von Blättern, in deren Achseln einzeln die Blüten stehen. *K*4 *C*4 *A*4 *G*$\underline{(2)}$, perigyn. Die Frucht ist eine einsamige Schließfrucht, die durch die vier Kelchblätter vierhörnig ist.

Fam. 7. Halorrhagidaceae. Blüten heterochlamydeisch, häufig apetal, epigyn, oft stark reduziert, 4-, seltener 3—1-gliederig. Samenanlagen je eine. Samen mit Endosperm.

Myriophyllum — *Gunnera* — *Hippuris* (Fig. 326).

Zu den Myrtiflorae gehören außer den genannten noch die Familien: Blattiaceae, Combretaceae, Melastomataceae, letztere zahlreiche Zierpflanzen der Gewächshäuser.

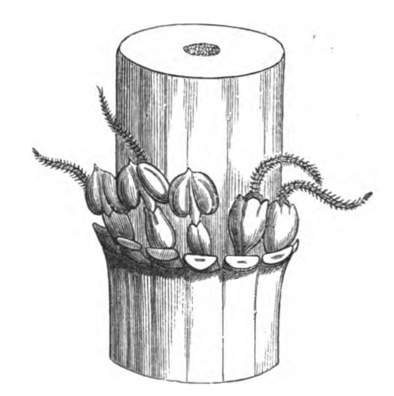


Fig. 326. Stück eines blütentragenden Stengels von Hippuris vulgaris. Die Blätter sind abgeschnitten (nach *Sachs*).

Reihe 24. Umbelliflorae.

Blüten meist regelmäßig, epigyn, mit meist nur einem episepalen Staubblattkreis; Kelch sehr schwach entwickelt; Fruchtknoten vollkommen gefächert, mit je einer Samenanlage. Discus zwischen Staubblättern und Griffeln. Blütenstände meist Dolden. Same mit reichlichem Endosperm. Keine Nebenblätter, häufig Blattscheiden.

Fam. 1. Umbelliferae, Doldengewächse. $K5\ C5\ A5\ G\overline{(2)}$. Kelch meist sehr klein, oft kaum angedeutet; die Krone besteht aus fünf weiß, rötlich oder gelb gefärbten, ziemlich kleinen Blättern; hie und da sind die nach außen liegenden Kronenblätter der am Rande der Dolden stehenden Blüten größer als die übrigen, die Dolde heißt dann strahlend. Staubblätter fünf. Fruchtknoten unterständig, zweifächerig. Die Basis der beiden Griffel ist fleischig angeschwollen und bildet den Discus oder das Stempelpolster (Fig. 327 *A*, *d*). In jedem Fache des Fruchtknotens eine hängende Samenanlage. Bei der Reife zerfällt die Frucht in zwei Teilfrüchte, indem jedes Fach für sich geschlossen sich von einer stehenbleibenden Mittelsäule (Fig. 328 *B a*) lostrennt; es enthält jede Teilfrucht einen Samen. Der Bau der Fruchtschale ist für die systematische Einteilung der Familie von Wichtigkeit. Die Frucht von meist länglicher (Fig. 328), zusammengedrückter (Fig. 327 *B*), oder fast kugeliger (Fig. 327 *E*) Gestalt besitzt Längsriefen (Rippen) und zwar gewöhnlich auf jeder Teilfrucht fünf, wovon zwei längs dem Rande der Teilfrucht verlaufen (Fig. 327 *B*, *C*, *D*, *rr*), die anderen drei auf deren Rücken (Fig. 327 *B*, *C*, *D*, *r*). Unter den Rippen verlaufen Gefäßbündel. In den Zwischenräumen zwischen den Rippen, den Thälchen (Valleculae), verlaufen meistens (schizogen entstandene) Ölstriemen, Vittae (s. Fig. 327 *B*, *C*, *o*), zuweilen wiederum andere Nebenrippen, Costae secundariae (Fig. 327 *E*, *F*, *n*). Unter den Nebenrippen liegen die Ölstriemen, aber keine Gefäßbündel. Die Teilfrucht wird bei der Reife vom Samen ausgefüllt, welcher der Hauptmasse nach aus dem Endosperm (Fig. 327 *C*, *D*, *F*, *e*) besteht und nur einen kleinen Embryo enthält. Je nach der Gestalt des Endosperms unterscheidet man Orthospermeen, deren Endosperm an

der Berührungsfläche der beiden Teilfrüchte flach oder konvex ist, z. B. Carum (Fig. 327 *C*), Campylospermeen, deren Endosperm an der Berührungsfläche eine Furche besitzt, daher auf dem Querschnitt konkav erscheint, z. B. Conium (Fig. 327 *D*), und Coelospermeen, deren Endosperm halbkugelig gekrümmt ist, daher sowohl auf dem Längs- als Querschnitt konkav erscheint, z. B. Coriandrum (Fig. 327 *F*).

Die Blüten stehen mit wenigen Ausnahmen (Astrantia, Eryngium) in zusammengesetzten Dolden, selten (z. B. Daucus) mit einer, alsdann dunkel gefärbten Endblüte; Involucrum und Involucellum sind je nach den Gattungen verschieden stark entwickelt oder fehlen ganz. Der hohle Stengel trägt große Blätter mit zumeist mächtig entwickelter Scheide und vielfach geteilter Spreite. Selten sind einfache Blätter (Bupleurum). Meist Stauden.

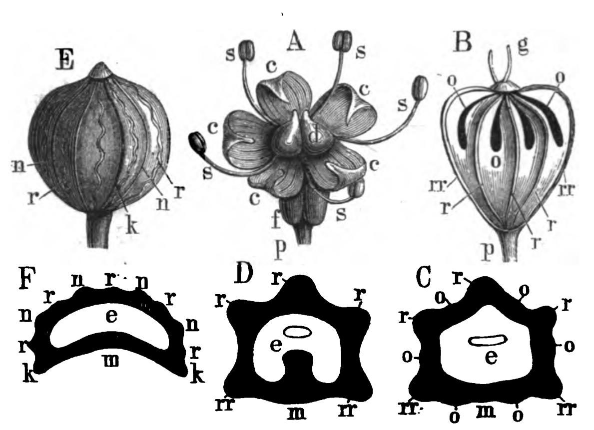


Fig. 327. *A* Blüte von Foeniculum (vergr.). *f* Fruchtknoten, *c* Krone, *s* Staubblätter, *d* Discus; *B* Frucht von Heracleum, *p* Blütenstiel, *g* Griffel, *r*, *r*, *r* Rippen, *rr* Randrippen, *o* Ölstriemen (vergr.); *C* Querschnitt der Teilfrucht von Carum Carvi, *m* Berührungsfläche mit der anderen Teilfrucht, *o* Ölstriemen, *e* Endosperm; *D* Querschnitt der Teilfrucht von Conium; *E* Frucht von Coriandrum, *k* Trennungsfläche der Teilfrüchte, *r* Rippen, *n* Nebenrippen; *F* Querschnitt derselben (vergr.).

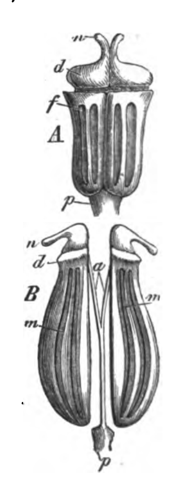


Fig. 328. Frucht von Carum Carvi. *A* Fruchtknoten der Blüte (*f*); *B* reife Frucht; die beiden Fächer werden zu zwei Merikarpien (*m*); ein Teil der Scheidewand bildet das Carpophorum (*a*); *d* Discus, *n* Narbe.

Unterfam. 1. Heterosciadieae. Dolden einfach oder unregelmäßig zusammengesetzt. Ohne Ölstriemen. Orthosperm.

Tribus 1. Hydrocotyleae. Frucht seitlich zusammengedrückt: *Hydrocotyle*, Sumpfpflanze mit schildförmigen Blättern; vergl. Fig. 13, S. 13.

Tribus 2. Saniculeae. Frucht zylindrisch: *Astrantia, Eryngium, Sanicula.*

Unterfam. 2. Haplozygieae. Dolden zusammengesetzt. Ölstriemen. Nur Hauptrippen.

Tribus 1. Echinophoreae. — Echinophora.

Tribus 2. Ammineae. Frucht von der Seite zusammengedrückt.

a) Orthosperm: *Bupleurum* mit ungeteilten Blättern; *Apium* graveolens, Sellerie (Europa); *Carum* Carvi, Kümmel (Europa), C. Petroselinum, Petersilie (Mittelmeergeb.); *Aegopodium*; *Cicuta* virosa Wasserschierling, giftig; *Pimpinella* Anisum (Mittelmeergeb.). — *b*) Campylosperm: *Conium* maculatum, Schierling, giftig,

ohne Ölstriemen! (Europa); *Myrrhis* odorata (Europa); *Chaerophyllum; Anthriscus* Cerefolium, Kerbelkraut (Mittelmeergeb.), Küchenpfl.

Tribus 3. Seselineae. Frucht stielrund. Orthosperm: *Aethusa* Cynapium, Hundspetersilie; *Oenanthe*; *Foeniculum*, Fenchel (Mittelmeergebiet); *Levisticum* officinale, Liebstöckel (Südeuropa?); Archangelica officinalis (Europa); *Angelica*.

Tribus 4. Peucedaneae. Frucht vom Rücken stark zusammengedrückt. Orthosperm. *Ferula* Narthex und F. Asa foetida (Ostpersien, Afghanistan); F. rubricaulis (Südpersien); *Dorema* Ammoniacum (Nordpersien); *Peucedanum* Ostruthium (europ. Gebirge); P. graveolens, Dill (Mittelmeergeb.), Küchenpflanze; P. sativum, Pastinak (Europa); *Heracleum*.

Unterfam. 3. Diplozygieae. Dolden zusammengesetzt. Ölstriemen. Haupt- und Nebenrippen, letztere oft stärker entwickelt, als die Hauptrippen.

Tribus 1. Caucalineae. Nebenrippen ungeflügelt, aber gelappt oder warzig. *a*) Orthosperm: *Daucus* Carota, Möhre (Europa). *b*) Cölosperm: *Coriandrum* sativum (Mittelmeergebiet).

Tribus 2. Laserpitieae. Nebenrippen geflügelt. Orthosperm. *Laserpitium*; *Thapsia*.

Offizinell: Fructus Anisi, die Teilfrüchte von Pimpinella Anisum; F. Carvi, von Carum Carvi; F. Foeniculi, von Foeniculum capillaceum.

Radix Angelicae, die Wurzel von Archangelica officinalis; R. Levistici, von Levisticum officinale; R. Pimpinellae, von Pimpinella magna und P. Saxifraga.

Herba Conii von Conium maculatum.

Gummiharze: Asa foetida von Ferula Asa foetida und F. Narthex; Galbanum von Ferula rubricaulis; Ammoniacum von Dorema Ammoniacum.

Fam. 2. Araliaceae. Blüten fünfzählig oder mit mehr Staubblättern, im Gynäceum mit weniger oder mehr Gliedern. Beere oder Steinfrucht. Sträucher, bisweilen kletternd, mit handförmigen, zerstreut gestellten Blättern.

Hedera Helix, Epheu, kommt nur in hohem Alter zur Blüte; die Blütenstände stehen an aufrechten (nicht kletternden) Zweigen, deren Blätter eiförmig, ungeteilt sind; die Früchte reifen während des Winters. — *Fatsia* papyrifera dient in Japan zur Papierbereitung.

Fam. 3. Cornaceae. Blüten vierzählig, mit dimerem, zweifächerigem Fruchtknoten, meist Steinfrucht; Sträucher mit meist dekussierten, ungeteilten Blättern.

Cornus; Aucuba japonica (Japan) mit lederigen Blättern, diöcischen Blüten und Beerenfrucht.

II. Reihengruppe. Sympetalae.

Blüten heterochlamydeisch, mit verwachsenen Blumenblättern, sehr selten apetal.

Reihe 1. Bicornes.

Staubblätter meist in zwei Kreisen, den Kronenblättern meist nicht angewachsen; Fruchtblätter den Kronenblättern superponiert.

$Kn\ C(n)\ An + n\ G(n)$, wobei $n = 4$ oder 5. Fruchtknoten ober- oder unterständig, mehrfächerig, mit großen, gegen die Höhlung zurückgebogenen Placenten. Same mit Endosperm. Antheren oft mit Anhängseln, meist mit Poren aufspringend.

Fam. 1. Clethraceae. Krone freiblätterig; kein Discus; Fruchtknoten dreifächerig; Griffel dreiteilig. — *Clethra* in den Tropen und Subtropen, einige Ziersträucher.

Fam. 2. Pirolaceae. Krone frei- oder verwachsenblätterig; Antheren mit Poren oder Querspalte sich öffnend, ohne Anhängsel. Fruchtknoten unvollkommen gefächert; Griffel ungeteilt; loculicide Kapsel; Samen winzig klein mit wenigzelligem, ungegliedertem Embryo.

Pirola, Chimaphila, Humusbewohner mit Laubblättern. — *Monotropa* chlorophyllfrei mit schuppenförmigen Blättern, Humusbewohner.

Fam. 3. Ericaceae. Krone meist verwachsenblätterig; Discus vorhanden; Antheren mit Poren oder schrägen Spalten sich öffnend, häufig mit Anhängseln; Pollen in Tetraden; Fruchtknoten vier- bis fünffächerig: Griffel mit kopfförmiger Narbe; Samen mit reichlichem Endosperm.

Unterfam. 1. Rhododendroideae. Fruchtknoten oberständig; septicide Kapsel; Krone abfallend; Antheren ohne Anhängsel. *Rhododendron*, Alpenrose; viele bekannte Zierpflanzen. — *Ledum* palustre mit freien Kronenblättern.

Unterfam. 2. Arbutoideae. Fruchtknoten oberständig. Beere; Steinfrucht oder loculicide Kapsel; Krone abfallend; Antheren meist mit Anhängseln.

Andromeda, Gaultheria, Arbutus Unedo, Erdbeerbaum (Mittelmeergeb.), *Arctostaphylos* Uva ursi mit Steinfrucht.

Unterfam. 3. Vaccinioideae. Fruchtknoten unterständig. Beere. *Vaccinium* Myrtillus, Heidelbeere, Vitis idaea, Preißelbeere u. a.

Unterfam. 4. Ericoideae. Meist loculicide Kapsel; Krone bis zur Fruchtreife bleibend; Antheren häufig mit Anhängseln.

Calluna vulgaris, gemeines Haidekraut (Europa, N.-Amer.), mit septicider Kapsel, tief vierteiligem, gefärbtem Kelch. — *Erica* in zahlreichen Arten besonders im Capland, einige mediterran.

Offizinell: Folia Uvae Ursi von Arctostaphylos Uva ursi.

Fam. 4. Epacridaceae. Meist nur der episepale Staubblattkreis vorhanden Antheren mit nur einer Spalte aufspringend. Sträucher in Australien.

Fam. 5. Diapensiaceae. Fruchtknoten oberständig, dreifächerig; Staubblätter dem Schlunde der Krone eingefügt.

Diapensia lapponica, niedrig rasiges Sträuchlein des hohen Nordens.

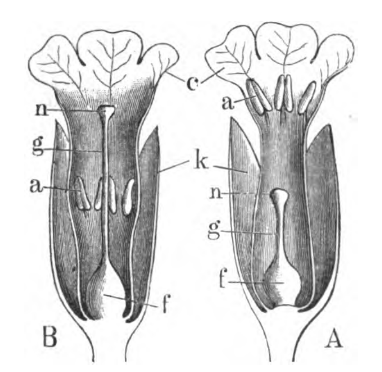
Reihe 2. Primulinae.

Blüten regelmäßig, meist pentamer. $K(5)\ C([5]\ A0 + 5)\ G(5)$. Staubblätter der Kronenröhre eingefügt und deren Lappen superponiert. Fruchtknoten oberständig, aus fünf vor den Kelchteilen stehenden Karpellen

verwachsen, einfächerig, mit zentraler, freier Placenta oder einer zentralen Samenanlage.

Fam. 1. Primulaceae. Ein ungeteilter Griffel auf dem Fruchtknoten. Samen zahlreich auf einer in der Mitte der Fruchtknotenhöhlung sich erhebenden Placenta (s. Fig. 222 *G*). — Krone röhrig verwachsen und in einen fünflappigen Saum ausgehend, fehlt nur bei Glaux; Staubbeutel (Fig. 329 *a*) sind der Kronenröhre angewachsen und deren Lappen superponiert; man erklärt diese Stellung der Staubblätter dadurch, dass der episepale Kreis von Staubblättern, der bei der vorigen Reihe vorhanden ist, fehlschlägt. Frucht eine Kapsel. — Krautartige Pflanzen mit meist ansehnlichen Blüten.

Primula, mit fünfzähnig aufspringender Kapsel, fünfspaltigem Kelch; bemerkenswert ist die Heterostylie (Fig. 329; vergl. S. 229). — *Anagallis*, mit quer aufspringender Kapsel. — *Cyclamen*, mit unterirdischer Knolle, zurückgeschlagenen Kronenzipfeln. — *Lysimachia*, mit fünfteiligem Kelch. — *Trientalis*, mit meist siebenzähliger Blüte.



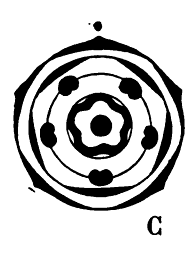


Fig. 329. Blüten von Primula elatior im Längsschnitt (vergrößert), *A* der kurzgriffeligen, *B* der langgriffeligen Form; *k* Kelch, *c* Krone, *a* Staubbeutel, *f* Fruchtknoten, *g* Griffel, *n* Narbe. — *C* Diagramm der Primulaceenblüte.

Fam. 2. Myrsinaceae. Von vorigen nur durch die Steinfrucht und den holzigen Stamm verschieden.

Fam. 3. Plumbaginaceae. Fünf Griffel auf dem Fruchtknoten. Nur eine auf dem Grunde der Fruchtknotenhöhlung stehende Samenanlage. Blüten häufig klein in dichten Inflorescenzen mit zahlreichen Brakteen.

Armeria, Blüten in Köpfchen, die von einer aus den untersten Deckblättern gebildeten, nach abwärts mit Anhängseln versehenen Hülle umgeben werden. — *Statice*, mit einseitswendigen Ähren. — *Plumbago*.

Reihe 3. Ebenales.

Blüten regelmäßig, vier- bis achtzählig, oft $K4\ C(4)\ A4+4\ G(\underline{4})$; äußere Staubblätter bisweilen unterdrückt. Fruchtblätter den Kelchblättern superponiert. Fruchtknoten mehrfächerig. Frucht meist fleischig.

Fam. 1. Sapotaceae. Tropische Bäume mit Milchsaft

Offizinell: Guttapercha von *Payena* Leerii, *Palaquium* Gutta (Fig. 330) und oblongifolium, alle indisch-malayisch, *Mimusops* Balata (Guyana). Nutzpflanzen: *Achras* Sapota, Obstbaum (trop. Amer.), ebenso Arten von *Chrysophyllum*. — *Butyrospermum* Parkii (trop. Afrika) liefert vegetabilische Butter.

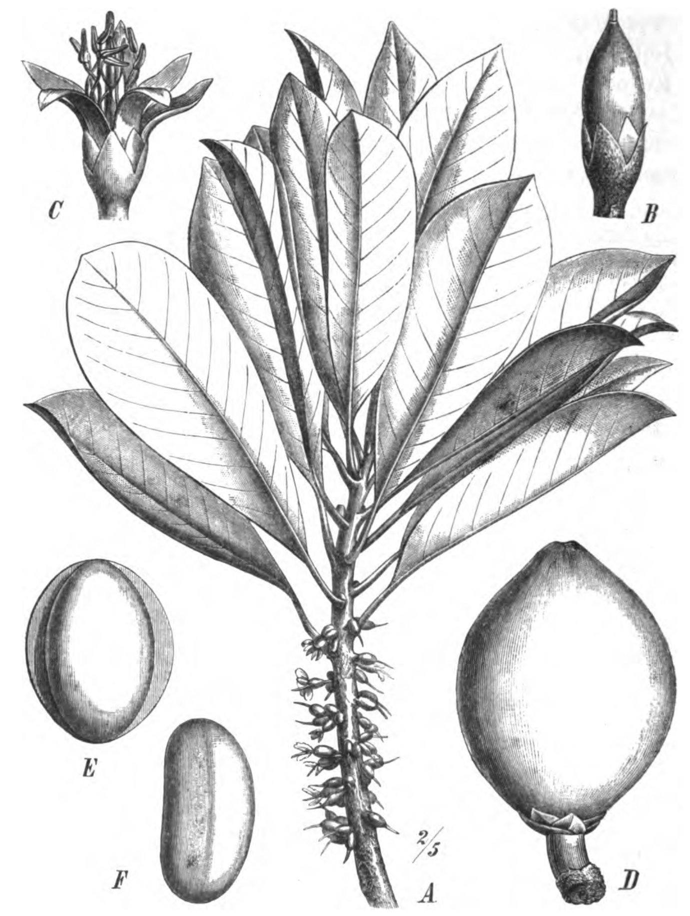


Fig. 330. Palaquium Gutta. *A* Blühender Zweig; *C* Blüte; *B* junge und *D* ausgewachsene Frucht; *E* und *F* Samen von vorn und der Seite. (Nach *Burck*.)

Fam. 2. Ebenaceae. Bäume; Blüten meist diklinisch. *Diospyros* Ebenum in Ostindien liefert Ebenholz.

Fam. 3. Styraceae. Blüten perigyn oder epigyn. Bäume.

Offizinell: Benzoe, Harz von *Styrax* Benzoin (Sundainseln, Fig. 331).

Reihe 4. Contortae.

Blüten regelmäßig, meist vier- oder fünfgliederig, bisweilen nur zwei Staubblätter; Krone mit meist rechtsgedrehter Knospenlage; zwei Fruchtblätter; Blätter meist dekussiert, ohne Nebenblätter.

Fam. 1. Oleaceae. Kelch und Krone meist viergliederig, zuweilen fehlend. Staubblätter und Karpelle stets zwei, in alternierender Stellung; Fruchtknoten zweifächerig mit ungeteiltem Griffel, in jedem Fach zwei hängende oder aufrechte, anatrope Samenanlagen. Kapsel, Beere oder Steinfrucht. Stamm holzig, Blätter fast stets dekussiert.



Fig. 331. Styrax Benzoin. *A* blühender Zweig; *B* Blüte im Längsschnitt; *C* Fruchtknoten im Querschnitt; *D* Frucht; *E* und *F* Samen, durchschnitten. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Ligustrum, mit Beerenfrucht; *Olea*, mit Steinfrucht; O. europaea, Ölbaum, im Mittelmeergebiet. Das im weichen Perikarp enthaltene Öl wird durch Auspressen gewonnen, in verschiedenen Sorten, als Baumöl, Olivenöl, Provenceröl u. s. w. — *Fraxinus*, Esche, mit geflügelter Schließfrucht; bei F. excelsior u. a. fehlt die Blütenhülle (Fig. 332 *B*). Blüten polygam; bei F. Ornus, Mannaesche in Südeuropa, ist die Blütenhülle vollständig, die Krone bis zum Grunde geteilt (Fig. 332 *A*). — *Syringa*, mit zweiklappiger Kapsel, vierlappigem Saume der Krone. — *Jasminum* Sambac und officinale (Ostindien) enthalten in den Blüten ein sehr wohlriechendes ätherisches Öl.

Offizinell: Manna, süße Ausschwitzung von Fraxinus Ornus. Oleum Olivarum von Olea europaea.

Fam. 2. Gentianaceae. Staubblätter mit Kelch und Krone gleich- (meist 4—7-) zählig. Fruchtblätter vollkommen verwachsen zu einem ein- oder zweifächerigen Fruchtknoten; Samenanlagen zahlreich, anatrop. Same mit Endosperm. Meist kahle Kräuter ohne Milchsaft, mit fast immer ganzen Blättern.

Unterfam. 1. Gentianoideae. Blätter dekussiert; Krone gedreht.

Gentiana, Enzian, mit zweilappiger Narbe. *Erythraea*, mit kopfiger Narbe; E. Centaurium (Europa), Tausendguldenkraut.

Unterfam. 2. Menyanthoideae. Blätter spiralig gestellt; Krone induplicat-valvat.

Menyanthes trifoliata, Fieberklee (nördl. gem. Zone), mit dreizähligen Blättern, in Sümpfen.

Offizinell: Radix Gentianae von G. lutea, pannonica, purpurea, punctata (Gebirge Mitteleuropas); Herba Centaurii von Erythraea Centaurium; Folia Trifolii febrini von Menyanthes trifoliata.

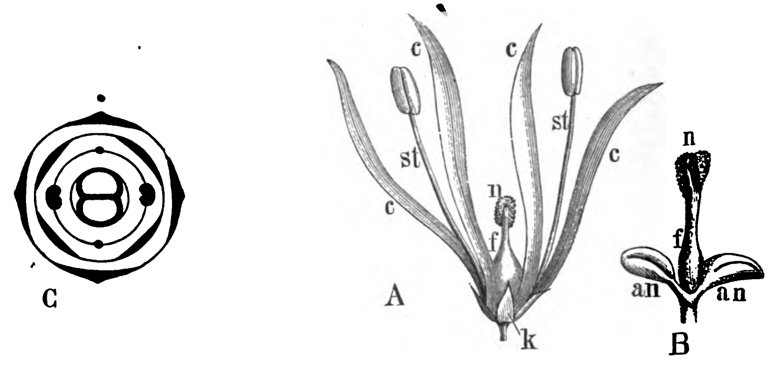


Fig. 332. *A* Blüte von Fraxinus Ornus (vergr.). *k* Kelch, *c* Krone, *st* Staubblätter, *f* Fruchtknoten, *n* Narbe; *B* Zwitterblüte von Fraxinus excelsior, *an* Antheren, *f* Fruchtknoten, *n* Narbe (vergr.). — *C* Diagramm der Oleaceenblüte.

Fam. 3. Loganiaceae. Fruchtknoten zweifächerig mit wenigen oder mehreren Samenanlagen. Same mit Endosperm. Meist Bäume mit opponierten Blättern und meist mit Nebenblättern.

Aus dem Safte der Rinde von *Strychnos* guyanensis in Südamerika bereiten die Indianer das unter dem Namen Curare bekannte Pfeilgift.

Offizinell: Semen Strychni, oder Nuces vomicae, Krähenaugen, die Samen von Strychnos Nux vomica in Ostindien, sehr giftig.

Fam. 4. Apocynaceae. Staubblätter meist fünf. Die beiden Fruchtblätter sind meist nur mit den Griffeln untereinander verwachsen, bei der Reife frei. Same meist mit wenig oder ohne Endosperm. Kräuter oder Sträucher mit Milchsaft ohne Nebenblätter.

Nerium, Oleander (Mittelmeergebiet). — *Vinca*, Immergrün, kriechende Kräuter. — *Apocynum* cannabinum (Nordamerika) liefert Gespinnstfasern. — *Landolphia* florida (Westafrika) u. L. Kirkii (Ostafrika) liefern Kautschuk.

Offizinell: Semen Strophanthi von Strophanthus hispidus und S. Kombe im tropischen Afrika.

Fam. 5. Asclepiadaceae. Die beiden Fruchtblätter meist zwei monomere Fruchtknoten bildend. Griffel kurz, durch eine beiden Frucht-

knoten gemeinsame Narbe verbunden. Staubblätter meist fünf zu einer Röhre zusammenneigend, welche das Gynäceum umgiebt, mit Anhängseln von taschenförmiger und spornartiger Gestalt ausgestattet (Fig. 333). Antheren zwei- bis vierfächerig; der Pollen jedes Faches bleibt zu Pollinarien vereinigt, die je zweier benachbarter Fächer (Fig. 333 *F*, *G*) hängen zusammen und werden bei der Bestäubung durch Insekten übertragen. Samenanlagen zahlreich an der Bauchnaht der Karpelle hängend. Same meist mit Endosperm. Meist Holzpflanzen, häufig schlingend, mit Milchsaft, ohne Nebenblätter.

Vincetoxicum. — *Asclepias.* — *Hoya* carnosa, Wachsblume. — *Stapelia* mit fleischigem kaktusähnlichem Stamm.

Offizinell: Cortex Condurango, mutmaßlich von *Marsdenia* Condurango (Ecuador).

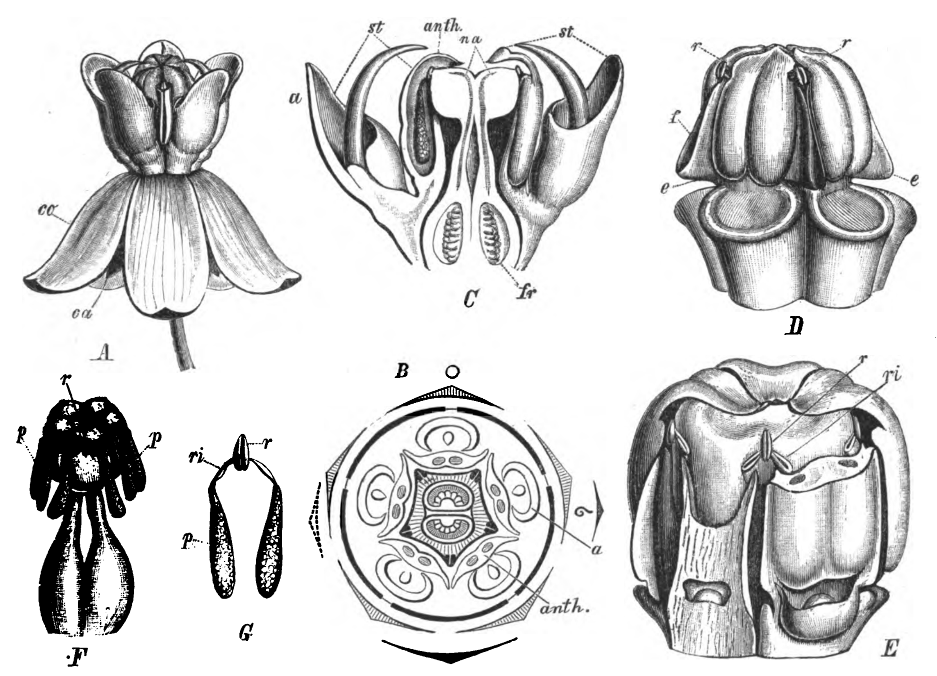


Fig. 333. Asclepias Cornuti. *A* Blüte, *B* Diagramm, *C* Längsschnitt derselben; *ca* Kelch, *co* Krone, *st* Staubblatt, *anth* vordere fertile Hälfte, *a* hintere sterile, taschenförmig ausgebildete Hälfte, *na* Narbenkopf. *D* Andröceum, die sterilen Staubblatthälften entfernt, *e* blattartige Verbreiterung der fertilen Antherenhälfte, *f* der zwischen denselben liegende Spalt, über welchem die drüsigen Kanten *r* des Narbenkopfes hervortreten; das von *r* ausgeschiedene Secret fließt in zwei Rinnen abwärts, und an ihm bleiben die beiden Pollinarien haften. *E* Junges Andröceum, die Drüsen *r* und die beiden Rinnen *ri* zeigend. *F* Gynäceum, nach Entfernung des Andröceum; an *r* sind je 2 Pollinarien *p* haften geblieben. *G* zwei Pollinarien, durch die sich leicht loslösende Drüse *r* mit einander verbunden. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Reihe 5. Tubiflorae.

Blüten fünfgliederig, regelmäßig bis unregelmäßig und dann mit medianer Symmetrieebene; im letzteren Fall bilden die hinteren Kronen-

zipfel die Oberlippe, die drei vorderen die Unterlippe; ferner fehlt in unregelmäßigen Blüten häufig das hintere Staubblatt, die vorhandenen sind ungleich lang, didynam, oder es sind überhaupt nur zwei vorhanden. Staubblätter der Krone eingefügt. Fruchtknoten aus zwei (selten bis fünf) Karpellen verwachsen. Blätter wechsel- oder gegenständig ohne Nebenblätter. *K*(5) (*C*(5) *A*5) *G*$\underline{(2)}$ bis $\underline{(5)}$.

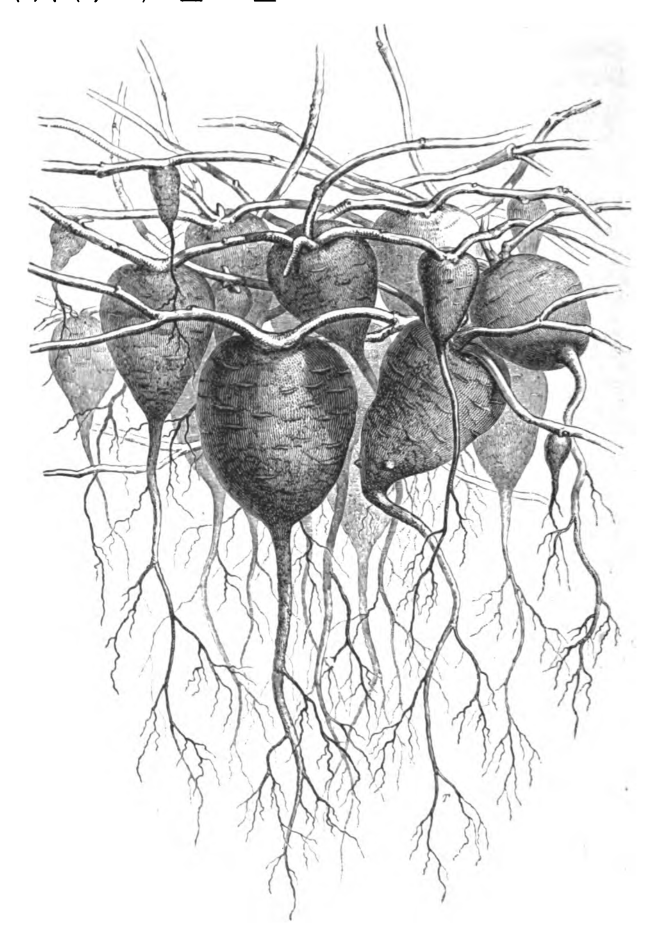


Fig. 334. Exogonium Purga, unterirdische Sprosse mit knolligen Wurzeln. (Nach *Baillon*.)

Die Reihe umfasst eine große Anzahl von Familien, welche nach unseren jetzigen, noch nicht ausreichenden Kenntnissen sich folgendermaßen gruppieren:

A) Blüten meist regelmäßig. Zahl der Samenanlagen gering. Blätter zerstreut: Convolvulaceae, Polemoniaceae, Hydrophyllaceae, Borraginaceae.

B) Blüten unregelmäßig. Zahl der Samenanlagen gering. Blätter gegenständig. Verbenaceae, Labiatae.

C) Blüten regelmäßig bis unregelmäßig. Samenanlagen allermeist zahlreich. Blätter zerstreut oder gegenständig: Nolanaceae, Solanaceae, Scrophulariaceae, Lentibulariaceae, Orobanchaceae, Gesneraceae, Columellia-

ceae, Bignoniaceae, Pedaliaceae, Globulariaceae, Acanthaceae. — Plantaginaceae.

D) Steinfrucht mit gefächertem Endokarp oder einzelnen Steinkernen. Myoporaceae.

Die wichtigsten Familien davon sind folgende:

Fam. 1. Convolvulaceae. Meist zwei mediane Fruchtblätter bilden einen zweifächerigen Fruchtknoten mit 1—2 anatropen Samenanlagen in jedem Fach. Krone in meist rechtsgedrehter Knospendeckung. Kapsel oder Beere. Same mit Endosperm. Meist Schlingpflanzen mit Milchsaft.

Convolvulus; C. Scammonia (Kleinasien) liefert Harz (Scammonium). — *Batatas* edulis, im tropischen Amerika kultiviert wegen der essbaren, knolligen Rhizome. — *Cuscuta*, chlorophyllfreie Schmarotzer mit fadenförmigem Stengel, der mittelst Haustorien sich an den Stengeln anderer Pflanzen befestigt und diesen die Nahrung entzieht; die kleinen Blüten stehen in Knäueln. Vergl. Fig. 113, S. 109.

Offizinell: Tubera Jalapae, die anatomisch abnorm gebauten Wurzelknollen (Fig. 334) von Exogonium Purga (Mexiko).

Fam. 2. Borraginaceae (Asperifoliae). Blüten meist regelmäßig, mit 5 Staubblättern; Fruchtknoten von zwei medianen Karpellen gebildet, aber scheinbar vierfächerig, indem er durch Einschnürung von der Mitte der Karpelle her (Fig. 335 *C*, *r*) in vier »Klausen« geteilt wird; der Griffel steht, meist scheinbar als Verlängerung der Achse, auf der oben einwärts gebogenen Spitze der Karpelle, umgeben von den vier Klausen (Fig. 335 *B*). Jede Klause enthält eine hängende anatrope Samenanlage. Bei der Reife trennen sich diese vier Klausen als vier einsamige Nüsschen völlig von einander. Same ohne Endosperm. Die Krone besitzt häufig an der Grenze von Röhre und Saum fünf den Zipfeln superponierte Auftreibungen, die Schlundschuppen (Fig. 335 *A*, *b*). Beblätterte oder blattlose Wickel bildend. Kräuter oder Sträucher mit meist rauher Behaarung, nur selten (z. B. Cerinthe, Myosotis palustris) ganz oder fast kahl.

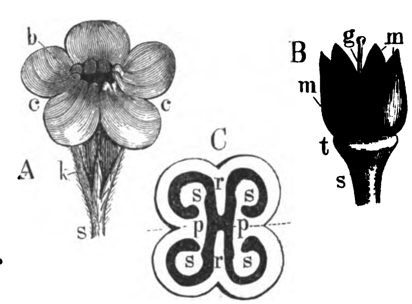


Fig. 335. *A* Blüte von Anchusa (wenig vergr.). *k* Kelch, *c* Krone, *b* deren Schlundschuppen, *s* Blütenstiel. *B* Frucht von Myosotis (vergr.). *t* der Blütenboden, *mm* die vier Nüsschen, *g* der Griffel. *C* Schema des vierfächerigen Fruchtknotens im Querschnitt, *r* die Rückenlinie der beiden Karpelle, *pp* deren verwachsene Ränder, *s* die Samenanlagen.

Unterfam. 1. Ehretioideae. Griffel auf der Spitze des Fruchtknotens.

Heliotropium peruvianum, Zierpflanze mit vanilleartig riechenden Blüten.

Unterfam. 2. Boraginoideae. Griffel zwischen den vier Klausen.

Myosotis, Vergissmeinnicht, *Lithospermum*, *Echium*, *Lycopsis*, *Cynoglossum*. Die Blätter von *Borago* officinalis, Boretsch, werden als Gemüse gegessen.

Fam. 3. Verbenaceae. Staubblätter vier, didynam, oder zwei. Fruchtknoten ein- oder zweifächerig, mit je zwei Samenanlagen, oder durch falsche Scheidewände zwei- bis vierfächerig, mit je einer Samenanlage.

Frucht zerfällt in zwei bis vier Teilfrüchte. Griffel auf dem Fruchtknoten. Blätter meist opponiert.

Verbena officinalis, Eisenkraut, häufig an Wegen u. dgl. V. Aubletia, verbreitete Zierpflanze. — *Tectona* grandis, Teakbaum in Ostindien, liefert Schiffbauholz. — *Avicennia*.

Fam. 4. Labiatae. Blüte unregelmäßig mit medianer Symmetrieebene, zweilippig; das hintere Staubblatt fehlt; die vier vorhandenen didynam (Fig. 336 *B*), seltener (Salvia u. a.) nur die beiden vorderen entwickelt. Fruchtknoten ebenso wie bei den Borraginaceen in vier Klausen geteilt, welche bei der Reife als vier Nüsschen abfallen (Fig. 336 *C*); nur sind hier die in jeder Klause einzeln stehenden Samenanlagen aufrecht. Same ohne Endosperm. Kräuter mit dekussierten Blättern, vierkantigem Stengel. Blüten scheinbar in Quirlen um den Stengel; es sind aber zusammengezogene cymöse Infloreseenzen, meist Dichasien, welche in der Achsel je eines der zwei opponierten Blätter stehen.

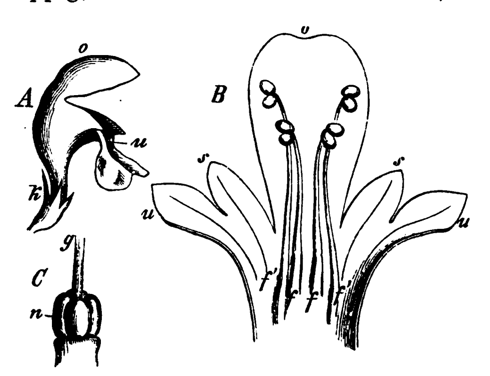


Fig. 336. *A* Blüte von Lamium von der Seite. *k* Kelch, *o* Ober-, *u* Unterlippe, *B* Blüte von Leonurus vorne geöffnet. *o* Ober-, *u* halbierte Unterlippe, *s* seitliche Kronenzipfel, *ff* kurze, *f'f'* lange Staubblätter (vergr.). *C* Fruchtknoten, *n* Nüsschen, *g* Griffel (vergr.).

Unterfam. 1. Ajugoideae. Kelch 10—11-rippig. Krone 1—2-lippig, bisweilen fast regelmäßig. Staubblätter meist 4. Klausen verkehrt eiförmig. Embryo gerade.

Ajuga — *Teucrium* — *Rosmarinus* officinalis (Mittelmeergebiet) mit nur 2 Staubblättern.

Unterfam. 2. Prostantherioideae nur in Australien.

Unterfam. 3. Prasioideae fast nur tropisch.

Unterfam. 4. Scutellarioideae. Kelch 2-lippig, ebenso die Krone mit helmförmiger Oberlippe. Staubblätter 4. Klausen fast kugelig. Embryo gekrümmt — *Scutellaria*.

Unterfam. 5. Stachydoideae. Kelch 5—15-rippig. Krone fast regelmäßig oder unregelmäßig. Staubblätter 4 oder 2. Klausen eiförmig, oder tetraedrisch. Embryo gerade.

Brunella, *Melittis*, *Ballota*, *Lamium*, *Galeopsis*, *Stachys* u. a. mit helmförmiger Oberlippe. St. affinis (Japan) ein Wurzelgemüse. — *Marrubium*, *Sideritis* mit wenig aus dem Kelch vortretender Krone. — *Nepeta* mit 2 längeren hinteren Staubblättern. — *Salvia* mit nur zwei Staubblättern und verbreitertem Connectiv, die eine Theca staminodial (vergl. S. 214); S. officinalis (Mediterrangebiet). — *Melissa* officinalis (Mittelmeergeb.), *Calamintha*, *Satureja* hortensis, Pfefferkraut, *Origanum* Majorana, *Thymus* vulgaris (Mittelmeergebiet), *Mentha* mit flacher Oberlippe.

Unterfam. 6. Ocimoideae. Oberlippe aus 4, Unterlippe meist aus 1 Lappen gebildet. Embryo gerade.

Lavandula vera (Mittelmeergeb.), *Ocimum*, *Coleus*.

Offizinell: Flores Lavandulae, die Blüten von Lavandula vera; Folia Melissae von Melissa officinalis; Folia Menthae piperitae von Mentha piperita, Pfefferminze

(Westeuropa, Nordamerika); Oleum Rosmarini aus den Blättern von Rosmarinus officinalis; Folia Salviae von Salvia officinalis; Herba Serpylli von Thymus Serpyllum; Herba Thymi von Thymus vulgaris.

Fam. 5. Solanaceae. Blüte meist regelmäßig, oft nur mit einer diagonal liegenden Symmetrieebene, mit fünf Staubblättern. Fruchtknoten aus zwei schief gestellten Fruchtblättern bestehend, zweifächerig, mit zahlreichen Samenanlagen an der Scheidewand; letztere setzt sich bisweilen von der Mitte aus noch in das Fach hinein fort, so dass der Fruchtknoten scheinbar vierfächerig wird (Datura). Samenanlagen kampylotrop. Kapsel mit verschiedener Dehiscenz oder Beere. Same mit Endosperm. Allermeist Stauden oder einjährige Kräuter. Der Aufbau des blütentragenden Stengels ist cymös und wird noch komplizierter durch Verschiebungen der Tragblätter (vergl. Fig. 337). So sieht man z. B. in Fig. 337 *C* das Schema des Aufbaues von Atropa; der Stengel, der mit der Blüte *I* abschließt, trägt ein Vorblatt α und einen Seitenspross, der mit der Blüte *II* abschließt; derselbe entspringt aus der Achsel eines zweiten Vorblattes β, das aber nicht an der Basis seines Achselsprosses steht, sondern an diesem selbst hinauf verschoben ist bis dicht unter dessen Blatt α'; diese Verschiebungen wiederholen sich stets in dem ganzen cymösen Verzweigungssystem, so dass hier bei Atropa immer unter einer Blüte zwei Blätter stehen, ein kleineres Fig. 337 α, α', α'' u. s. w., das Vorblatt der betreffenden Blüte, und ein größeres Fig. 337 b, β, β', β'' u. s. w., das Tragblatt des Blütensprosses selbst. Bei anderen Solanaceen finden sich ähnliche Verhältnisse (Fig. 337 *A*, *B*, *E*). Die meisten Repräsentanten sind narkotisch-giftig, viele enthalten Krystallsand von Kalkoxalat.

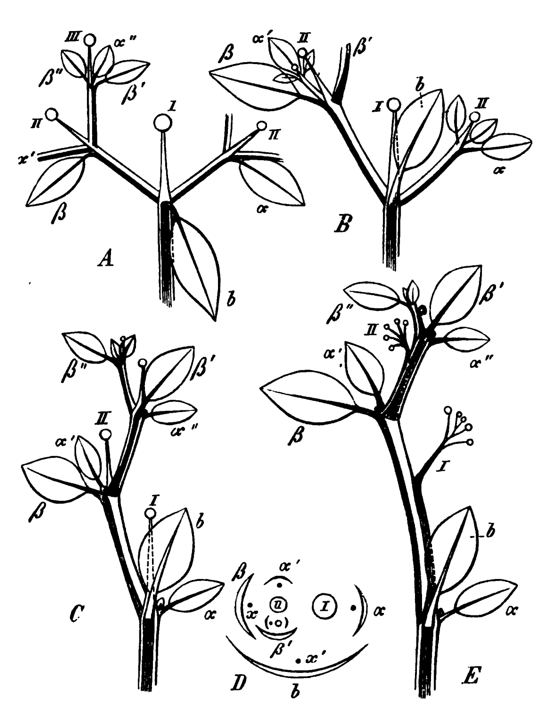


Fig. 337. Schematische Darstellung der Verzweigung und Blattstellung in der blütentragenden Region der Solanaceae. *A*, *B* Datura Stramonium, *C* und *D* Atropa Belladonna, *E* Solanum nigrum. *I*, *II*, *III* successive Sprossgenerationen, *b* Deckblatt von *I*; α, β Vorblatt von *I* und zugleich Deckblatt von *II*; α', β' Vorblatt von *II* und zugleich Deckblatt von *III* u. s. w. Das Hinaufwachsen der Blätter und Sprosse ist durch schraffierte Streifen ausgedrückt. (Nach *Eichler*.)

Tribus 1. Solaneae. Embryo deutlich gekrümmt; Fruchtknoten zwei-

fächerig; die meisten Gattungen haben Beerenfrüchte; die Krone ist glockig mit kurzem Saume bei *Atropa* Belladonna, Tollkirsche (Europa, Vorderasien), mit sehr giftiger Beere, ferner bei *Lycium*. — Mit breitem Saume versehen ist die Krone bei *Solanum*, deren Antheren zu einer Röhre zusammenschließen und durch Löcher an der Spitze sich öffnen. S. tuberosum, Kartoffel (Chile); die fleischigen, stärkereichen, unterirdischen Seitensprosse, Knollen, sind ein wichtiges Nahrungsmittel, die oberirdischen Teile giftig; S. Lycopersicum, Liebesapfel (Tomaten), mit essbarer Frucht. *Capsicum* longum und annuum mit freien Antheren, aus Südamerika; die Beeren sind der sog. spanische Pfeffer. — *Physalis* Alkekengi, Judenkirsche, mit blasig aufgetriebenem, rotem Kelch, der die Beere umgiebt.

Hyoscyamus niger, Bilsenkraut; die Kapsel öffnet sich durch Abwerfen eines Deckels.

Tribus 2. Datureae. Embryo deutlich gekrümmt; Frucht durch Umschlagen der Scheidewand unten 4 fächerig, 4 klappig — *Datura* Stramonium, Stechapfel.

Tribus 3. Cestreae. Embryo gerade; 5 fruchtbare Staubblätter. *Nicotiana* Tabacum und rustica, Tabak aus Südamerika, mit 2 klappiger Kapsel. — *Petunia*.

Tribus 4. Salpiglossideae. Nur 2—4 fruchtbare, ungleich lange Staubblätter.

Fam. 6. Scrophulariaceae. Blüten meist unregelmäßig (Fig. 338, 339) mit medianer Symmetrieebene. Fruchtknoten zweifächerig mit zahl-

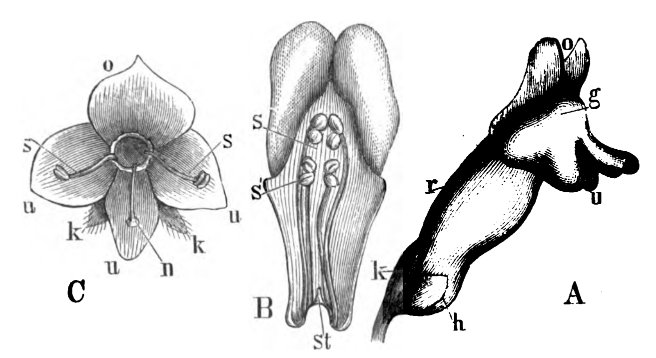


Fig. 338. Blüten von Scrophulariaceen; *A* Antirrhinum; *k* Kelch, *r* Röhre der Krone mit dem sackartigen Anhang *h*, *o* Ober-, *u* Unterlippe der Krone, *g* der Gaumen, d. h. Auftreibung der Unterlippe. *B* die Oberlippe derselben Blüte von innen betrachtet, mit dem Andröceum, *s* die beiden längeren vorderen, *s'* die beiden kürzeren seitlichen Staubblätter, *st* das Rudiment des hinteren Staubblattes. *C* Blüte von Veronica, *k* Kelch, *uuu* die drei Zipfel der Unterlippe, *o* die einzipfelige Oberlippe, *ss* die beiden seitlichen Staubblätter, *n* die Narbe.

reichen, anatropen Samenanlagen an der Scheidewand; Kapselfrucht, Same mit Endosperm. Staubblätter vier, didynam, oft mit einem Rudiment des hinteren, oder nur die beiden seitlichen, selten (Verbascum) alle fünf fruchtbar (vergl. Fig. 339).

Unterfam. 1. Pseudosolaneae. Krone mit absteigender Deckung; Blätter meist wechselständig; das hintere Staubblatt meist vorhanden. *Verbascum*, Wollblume, Königskerze, mit wenig unregelmäßiger Blüte, fünf ungleich langen Staubblättern (Fig. 339 *E*).

Unterfam. 2. Antirrhinoideae. Krone mit absteigender Deckung; wenigstens die unteren Blätter gegenständig. *Antirrhinum*, Löwenmaul, mit aufgetriebener Unterlippe (Gaumen) und sackartigem Anhang der Krone, 4 Staubblättern

(Fig. 338 *A*, *B*). — *Linaria*, mit gespornter Krone, 4 Staubblättern (Fig. 339 *D*). — *Scrophularia*, mit deutlichem, hinterem Staminodium, fast kugeliger Blüte. — *Paulownia* tomentosa, aus Japan, Zierbaum mit sehr großen Blättern. — *Gratiola*, Gnadenkraut, die beiden vorderen Staubblätter sind Staminodien (Fig. 339 *C*). — *Mimulus, Calceolaria, Pentastemon, Torenia* u. a.

Unterfam. 3. Rhinanthoideae. Krone mit aufsteigender Deckung. *Digitalis*, Fingerhut, mit schiefglockiger Krone, 4 Staubblättern. — *Veronica*, mit nur zwei seitlichen Staubblättern, die beiden Zipfel der Oberlippe zu einem verschmolzen, der hintere Kelchzipfel meist ganz unterdrückt (Fig. 338 *C*, 339 *B*). — Folgende Gattungen mit helmförmiger Oberlippe sind zwar chlorophyllhaltig, schmarotzen aber auf den Wurzeln anderer Pflanzen oder leben saprophytisch von denselben. *Pedicularis*, mit fünfzähnigem Kelch, *Euphrasia*, Augentrost, mit vierzähnigem Kelch, *Rhinanthus*, mit vierzähnigem, aufgeblasenem Kelch, *Melampyrum*, Wachtelweizen, mit vierzähnigem, röhrigem Kelch, wenigsamigen Fruchtfächern.

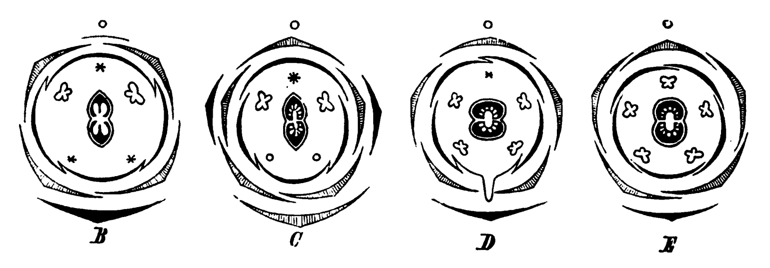


Fig. 339. Diagramme von Scrophulariaceen-Blüten zur Erläuterung der Reduktion im Andröceum: *E* Verbascum nigrum (5 Staubblätter); *D* Linaria vulgaris (das median hintere unterdrückt); *C* Gratiola officinalis (noch die seitlichen vorderen staminodial); *B* Veronica Chamaedrys (nur 2 Glieder fertil). (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Offizinell: Flores Verbasci, die Blüten von Verbascum thapsiforme und phlomoides (Europa); Folia Digitalis von Digitalis purpurea (Westeuropa).

Fam. 7. Bignoniaceae. Staubblätter meist vier, didynam. Same meist geflügelt, ohne Endosperm. Holzpflanzen, einige schlingend.

Catalpa bignonioides (atl. Nordamerika), Zierbaum. — Von *Jacaranda* obtusifolia in Südamerika stammt das Palisanderholz.

Fam. 8. Gesneraceae. Staubblätter meist vier, didynam, oder nur zwei. Fruchtknoten einfächerig, mit zahlreichen Samenanlagen. Meist Kräuter mit gegenständigen Blättern.

Fam. 9. Orobanchaceae. Chlorophyllfreie Wurzelschmarotzer ohne Laubblätter, sonst mit vorigen übereinstimmend.

Orobanche rubens, cruenta auf Leguminosen, lucorum auf Berberis, Hederae auf Epheu, ramosa auf Hanf, von meist brauner oder weißlicher Farbe. — *Lathraea* Squamaria, mit hohlen Blättern, auf den Wurzeln von Laubhölzern.

Fam. 10. Acanthaceae. Staubblätter vier, didynam. Samenanlagen wenig, auf weit vorspringender Placenta. Same ohne Endosperm.

Fam. 11. Lentibulariaceae. Nur die zwei vorderen Staubblätter entwickelt; Samenanlagen zahlreich auf einer frei in der Fruchtknotenhöhlung sich erhebenden Placenta. Same ohne Endosperm.

Utricularia, schwimmende Wasserpflanzen mit feingeteilten Blättern und blasenförmigen Anhängseln, welche zum Fange kleiner Wassertierchen eingerichtet sind (Fig. 340). — *Pinguicula,* kleine Pflänzchen mit grundständigen Blattrosetten.

Fam. 12. Globulariaceae. Staubblätter vier; Fruchtknoten einfächerig mit einer hängenden Samenanlage, seitlichem Griffel. Same ohne Endosperm. Blätter in zerstreuter Stellung. Blüten in Köpfchen. — *Globularia.*

Fam. 13. Plantaginaceae. Blüten (Fig. 341) regelmäßig, scheinbar vierzählig, erklären sich aber leicht im Anschluss an Veronica (Fig. 339 *B*). Das hintere Kelchblatt hier ebenso wie dort unterdrückt, ebenso das hintere Staubblatt; zwei Kronenblätter der Oberlippe sind zu einem verschmolzen, das aber hier den drei Zipfeln der Unterlippe völlig gleich ist; die beiden vorderen Staubblätter hier nicht unterdrückt. Fruchtknoten ein- bis vierfächerig; Samenanlagen an der Innenwand der Fächer oder am Grunde des Fruchtknotens. Quer aufspringende Kapsel oder Nüsschen. Same mit Endosperm.

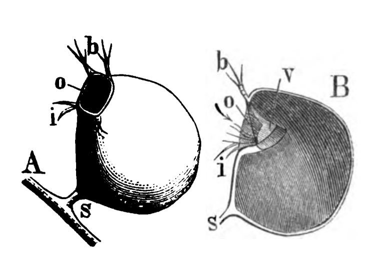


Fig. 340. Blase von Utricularia, *A* von außen, *s* deren Stiel, *o* der Eingang, *i* und *b* borstenförmige Anhänge; *B* der Länge nach durchschnitten, *v* eine Klappe, die sich nach innen öffnen lässt, aber den gefangenen Tieren den Ausgang wehrt (vergr.).

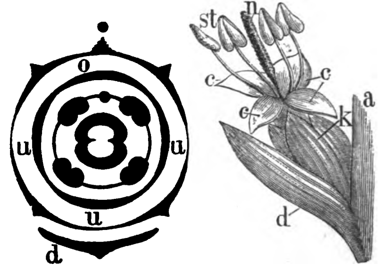


Fig. 341. Blüte von Plantago; *a* Ährenspindel, *d* Deckblatt der Blüte, *k* Kelch, *c* Krone, *st* Staubblätter, *n* Narbe (vergrößert). Im Diagramm bedeutet *o* die Ober-, *u* die Unterlippe.

Plantago, Wegerich; die Blätter in grundständiger Rosette; aus ihren Achseln erheben sich die langen Schäfte, mit ährigem, einfachem Blütenstand. Bei P. Cynops, Psyllium u. a. ist der beblätterte Stengel gestreckt; die Samenschale schleimig. — *Litorella,* monöcisch, am Grunde von Gewässern.

Reihe 6. Rubiales.

Blüten meist regelmäßig, vier- oder fünfzählig; Kelch blattartig oder rudimentär; Fruchtknoten aus 2—5 Karpellen bestehend, unterständig. Blätter gegenständig.

Fam. 1. Rubiaceae. Blüten regelmäßig, meist vier- oder fünfzählig. Kelch blattartig oder unterdrückt. Krone mit klappiger Knospendeckung. Fruchtknoten ein- oder zweifächerig, aus zwei Karpellen bestehend, mit einer oder mehreren Samenanlagen. Same meist mit Endosperm. Blätter gegenständig mit Nebenblättern, welche entweder unter sich zwischen den beiden Blättern jedes Paares verwachsen, oder häufig (bei allen bei uns einheimischen Gattungen) geteilt und den eigentlichen Blattspreiten gleich

ausgebildet sind (Fig. 344 *A*, *nn*); man erkennt die eigentlichen Blattspreiten leicht daran, dass nur aus ihren Achseln sich Sprosse entwickeln.

Unterfam. 1. Cinchonoideae. Nebenblätter schuppenförmig, Fruchtfächer vielsamig. — *Cinchona*, Chinarindenbaum, in mehreren Arten am östlichen Ab-



Fig. 342. Cinchona Ledgeriana. *A* blühender, *C* fruchtender Zweig; *B* Blüte. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

hang der Anden in Südamerika einheimisch, neuerdings in Ostindien und Java kultiviert (Fig. 342). *Ourouparia* Gambir (indisch-malayisch), mit verdornten Nebenblättern (Fig. 343).

Unterfam. 2. Coffeoideae. Fruchtfächer einsamig. — *Coffea* arabica, Kaffeebaum aus dem trop. Afrika, in den Tropen kultiviert, C. liberica (Westafrika), Frucht eine zwei- (oder ein-) samige Beere; die sog. Kaffeebohne ist der Same, der größtentheils aus dem Endosperm besteht und einen kleinen Embryo enthält. — *Uragoga* Ipecacuanha (Westbrasilien).

Bei der Gruppe Galieae (Stellatae) sind die Nebenblätter groß, blattartig. *Galium*, Labkraut, mit radförmiger Krone, undeutlichem Kelch, meist vierzählig. — *Asperula* ebenso, mit trichterförmiger Krone; A. odorata, Waldmeister. — *Rubia* tinctorum, Krapp (Fig. 344), mit meist fünfzähliger Blüte, radförmiger Krone, saftiger Frucht, stammt aus Südeuropa, wird wegen des Farbstoffs im Großen gebaut. — *Sherardia* mit deutlichem Kelch.

Offizinell: Cortex Chinae, Chinarinden von verschiedenen Arten von Cinchona, besonders von den kultivierten C. succirubra und Ledgeriana (Fig. 342). Radix Ipe-

cacuanhae von Uragoga Ipecacuanha. Catechu, ein in Indien aus Ourouparia Gambir (Fig. 343) (und Acacia Catechu) dargestelltes Extrakt.

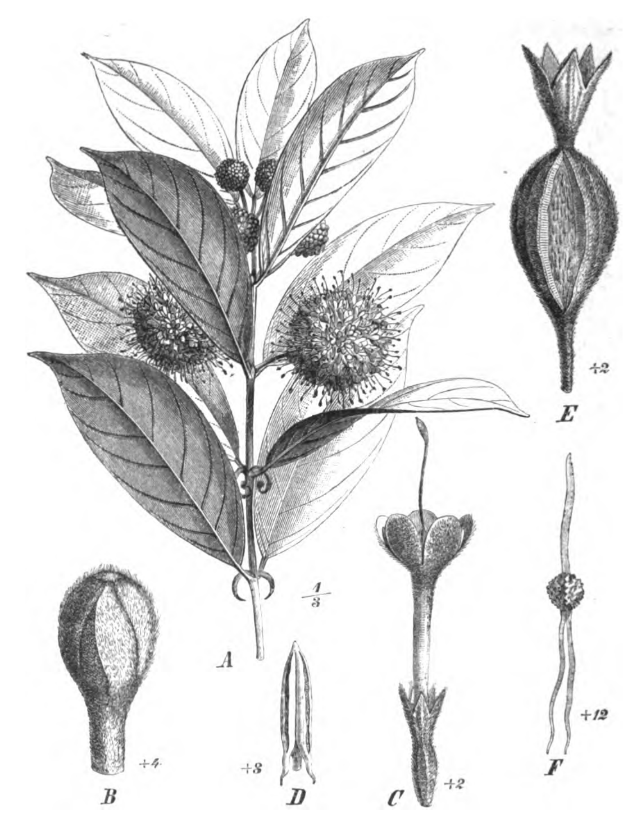


Fig. 343. Ourouparia Gambir. *A* Blühender Zweig; *B* und *C* Blüte; *D* Staubblatt; *E* Frucht; *F* Samen. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

Fam. 2. Caprifoliaceae. Blüten meist fünfgliederig, regelmäßig (Fig. 345) oder unregelmäßig (Fig. 346). Krone meist mit dachiger Knospendeckung. Fruchtknoten zwei- bis fünffächerig. Samenanlagen hängend. Beere oder Steinfrucht. Same mit Endosperm. Blätter meist ohne Nebenblätter. Meist Bäume oder Sträucher.

Tribus 1. Sambuceae. Blätter fiederschnittig; 3—5-steinige Steinfrucht. — *Sambucus*, Hollunder, mit fünfteiliger, radförmiger Krone.

Tribus 2. Viburneae. Blätter ungeteilt oder gelappt; einsamige Steinfrucht. — *Viburnum*, Schneeball, mit fünfspaltiger Krone; V. Opulus in einer Form kultiviert, deren sämtliche Blüten (bei der ursprünglichen Art nur die am Rand des Ebenstraußes stehenden) vergrößerte Kronen tragen und unfruchtbar sind.

Tribus 3. Linnaeeae. Blätter ungeteilt; Fruchtfächer zum Teil mehr-, zum Teil einsamig. *Linnaea* borealis kleines, kriechendes Sträuchlein. — *Symphoricarpus* racemosa, Schneebeere (Nordamerika).

Tribus 4. Lonicereae. Blätter ungeteilt; alle Fruchtfächer mehrsamig; Krone häufig unregelmäßig. — *Lonicera*, Heckenkirsche, mit zwei- bis dreifächerigem Fruchtknoten. Bei mehreren Arten (z. B. L. alpigena) verwachsen die Früchte der zu zweien dicht zusammenstehenden Blüten zu einer einzigen Beere. — *Diervilla*, mit zweifächeriger Kapsel.

Offizinell: Flores Sambuci von Sambucus nigra.

Adoxa Moschatellina, Vertreter einer eigenen Familie, Adoxaceae.

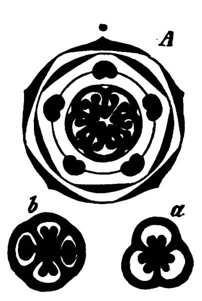


Fig. 345. Diagramm der Blüten von Caprifoliaceen. *A* von Leycesteria, *a* Gynäceum von Lonicera, *b* von Symphoricarpus.

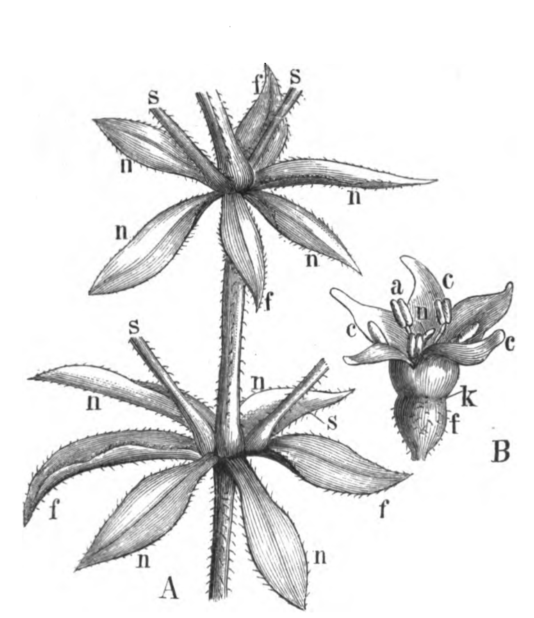


Fig. 344. *A* Rubia tinctorum; *ff* die dekussierten Blattpaare, aus deren Achseln die Sprosse *ss*; *nn* die geteilten, blattähnlichen Nebenblätter (nat. Gr.). *B* Blüte derselben Pflanze (vergr.). *f* Fruchtknoten, *k* der nur schwach angedeutete Kelch, *c* Krone, *a* Antheren, *n* Narbe.



Fig. 346. Lonicera Caprifolium (nat. Gr.). *f* Fruchtknoten, *k* Kelch, *r* Röhre, *cc* die fünf Zipfel der Krone, *st* Staubblätter, *g* Griffel, *n* Narbe.

Reihe 7. Aggregatae.

Blüten regelmäßig oder unregelmäßig, meist fünfzählig. Fruchtknoten unterständig, einfächerig, mit einer hängenden Samenanlage; Kelch rudimentär, oder durch eine Haarkrone angedeutet. Staubblätter weniger als Kronenzipfel. Blätter gegenständig.

Fam. 1. Valerianaceae. Blüten unregelmäßig, oft ohne Symmetrieebene (Fig. 347, Diagr.), ursprünglich fünfgliederig. Kelch fehlt oder in Gestalt einer oft zehnstrahligen Haarkrone, eines sog. Pappus vorhanden, der sich erst nach der Blüte entwickelt (Fig. 347 *B*, *p*), während der Blüte

kurz und eingerollt ist (Fig. 347 *A*, *k*). Staubblätter gewöhnlich nur drei entwickelt. Fruchtblätter drei, einen dreifächerigen Fruchtknoten bildend, von dem sich aber stets nur ein Fach mit einer hängenden Samenanlage ausgebildet. (Diagramm *A* Fig. 347.) Same ohne Endosperm. Blätter dekussiert.

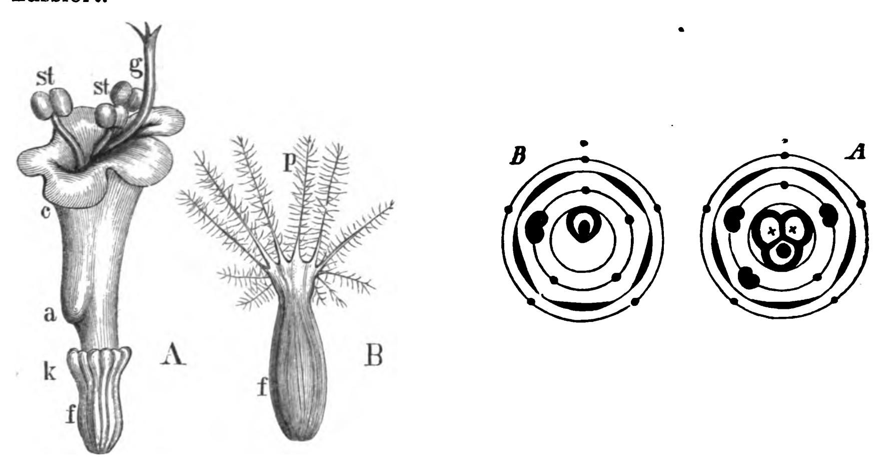


Fig. 347. *A* Blüte, *B* Frucht von Valeriana (vergr.), *f* Fruchtknoten, *k* Kelch, *c* Krone, *a* deren Höcker, *st* Staubblätter, *g* Griffel, *p* der Pappus. — Diagramme *A* von Valeriana, *B* von Centranthus.

Valeriana (Fig. 347). — *Valerianella* mit nur gezähntem Kelchsaum. — *Centranthus*, nur ein Staubblatt und ein Fruchtblatt entwickelt (Fig. 347, Diagramm *B*); an der Basis der Kronenröhre eine spornartige Ausbuchtung, die bei Valeriana schon als ein kleiner Höcker angedeutet ist (Fig. 347 *A*, *a*).

Offizinell: Radix Valerianae von Valeriana officinalis, Baldrian (Europa, Asien).

Fam. 2. Dipsacaceae. Blüten ursprünglich fünfgliederig, von einem Außenkelch (Fig. 348 *k'*) umgeben, der aus verwachsenen Vorblättern gebildet ist. Kelch häufig in Form borstenförmiger Zipfel (Fig. 348 *k*); Krone zweilippig; Staubblätter nur vier, das hintere unterdrückt. Fruchtknoten einfächerig, mit einer hängenden Samenanlage. Same mit Endosperm. Blätter dekussiert. Blüten zu einem Köpfchen dicht zusammengestellt, das von einem Involucrum umgeben wird; die äußeren Blüten des Köpfchens gewöhnlich strahlend. Im Köpfchen sind die Deckblätter (Spreublätter) entwickelt oder fehlen. Frucht vom Außenkelch, der oft mit Längsfurchen ausgestattet ist, eingeschlossen.

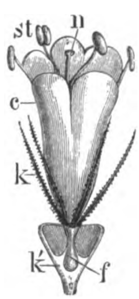


Fig. 348. Blüte von Scabiosa (vergr.). *f* Fruchtknoten, *k'* Außenkelch der Länge nach durchschnitten; *k* Kelch, *c* Krone, *st* Staubblätter, *n* Narbe.

Dipsacus, Weberkarde, Kelch ohne Borsten; von D. Fullonum werden die Köpfchen in der Tuchbereitung angewendet. — *Knautia* ohne Spreublätter, mit

ungefurchtem Außenkelch. — *Scabiosa* mit Spreublättern und meist trockenem Saum des Außenkelchs.

Reihe 8. Campanulatae.

Blüten regelmäßig oder unregelmäßig, meist fünfzählig; Kelch blattartig oder meist durch eine Haarkrone u. dgl. angedeutet; Antheren zusammenneigend oder verklebt; Fruchtknoten mit zahlreichen oder nur einer grundständigen Samenanlage.

Fam. 1. Cucurbitaceae. Blüten diklinisch oder polygam, regelmäßig. Krone fünfgliederig, fast stets verwachsenblätterig. Staubblätter fünf, durch Verwachsung gewöhnlich nur drei (Fig. 349 *B*) oder eines, kurz,

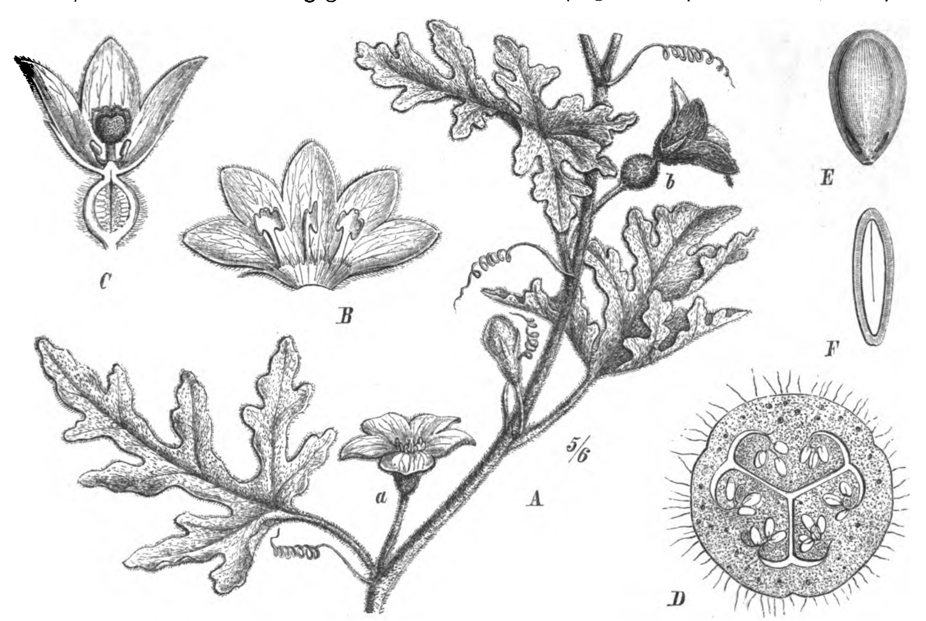


Fig. 349. Citrullus Colocynthis. *A* Habitusbild mit männlichen *a* und weiblichen *b* Blüten; *B* männl., *C* weibl. Blüte im Längsschnitt; *D* Frucht im Querschnitt; *E* und *F* Samen, letzterer im Längsschnitt. (Nach *Natürl. Pflanzenfamilien.*)

mit großen gekrümmten Antheren (Fig. 215, S. 216). Fruchtknoten unterständig, mit einer oder meist zahlreichen Samenanlagen auf mächtig entwickelten Placenten. Beere oft sehr groß mit verhältnismäßig starkem Epikarp. Same ohne Endosperm. Kräuter mit zerstreut gestellten Blättern, häufig rankend, die Ranken neben den Blättern; die mehrarmigen Ranken sind Zweige mit mehreren zu Ranken umgebildeten Blättern, die einfachen solche mit einem Blatt. Bikollaterale Gefäßbündel. — Familie von unsicherer Stellung.

Cucurbita Pepo, Kürbis (Amerika), *Cucumis* sativus, Gurke (Ostindien), C. Melo, Melone (Trop. d. alten Welt), *Citrullus* vulgaris, Wassermelone (Südafrika). — *Bryonia* alba und dioica, Zaunrübe (mit kleiner weißer Krone, zweisamigen Fruchtfächern).

Offizinell: Fructus Colocynthidis, Coloquinte, von Citrullus Colocynthis (Ostindien, Mittelmeergeb., Afrika, Fig. 349).

Fam. 2. Campanulaceae. Kelchblätter deutlich vorhanden; Fruchtknoten mehrfächerig, mit zahlreichen Samenanlagen; Kapselfrucht. Samen mit Endosperm; meist Milchsaft.

Unterfam. 1. Campanuloideae. Blüten regelmäßig mit freien Antheren (Fig. 350, 351).

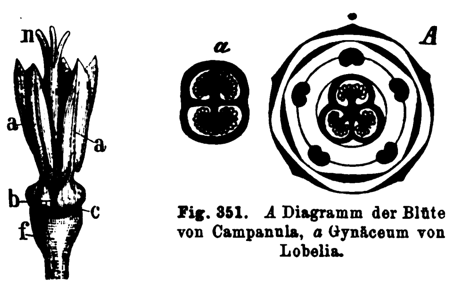


Fig. 351. *A* Diagramm der Blüte von Campanula, *a* Gynäceum von Lobelia.

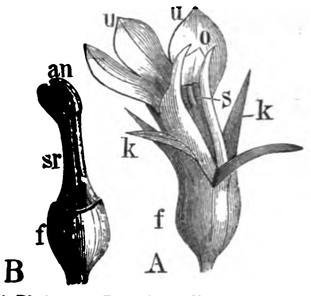


Fig. 350. Andröceum und Gynäceum von Campanula; *f* der unterständige Fruchtknoten, *c* Insertion der Krone, *a* Antheren, *b* verbreiterte Basis der Staubblätter, *n* Narbe (vergr.).

Fig. 352. *A* Blüte von Lobelia; *f* Fruchtknoten, *k* Kelch, *o* Ober-, *u* Unterlippe der Krone, *s* Staubblätter. *B* Andröceum und Gynäceum derselben, *sr* Röhre der Staubblätter, *an* Antheren (vergr.).

Campanula, Glockenblume. — *Specularia* mit radförmiger Blumenkrone. — *Phyteuma* mit von unten her sich öffnender Krone, Blüten in Köpfchen; ähnlich *Jasione*.

Unterfam. 2. Lobelioideae. Blüten unregelmäßig (Fig. 352); die Krone meist zu einer auf einer Seite geschlitzten Röhre verwachsen und der Saum in zwei Lippen geteilt, eine aus drei Zipfeln bestehende Unter- (Fig. 352 *A*, *u*) und eine aus zwei kleineren Zipfeln (Fig. 352 *A*, *o*) bestehende Oberlippe. Der Anlage nach sollte aber die Bezeichnung umgekehrt sein, da die Blüte erst späterhin durch eine Drehung des Stieles umgewendet wird, so dass die ursprünglich hinteren Teile nach vorn, unten, zu stehen kommen. Staubblätter oberwärts zu einer Röhre verwachsen (Fig. 352 *B*, *sr*); die Antheren ungleich.

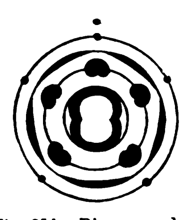


Fig. 354. Diagramm der Compositenblüte.

Offizinell: Herba Lobeliae von Lobelia inflata (Nordamerika).

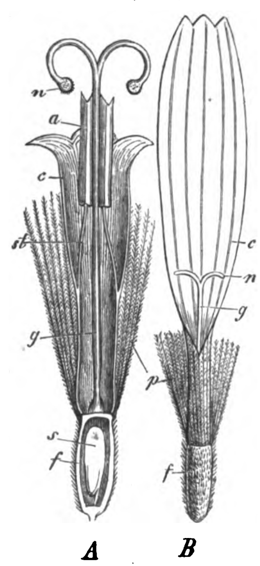


Fig. 353. Blüte von Arnica (vergr.). *A* des Mittelfeldes, im Längsschnitt. *B* des Randes, *f* Fruchtknoten, *p* Pappus, *c* Krone, *st* Staubblätter, *a* Antheren, *n* Narben, *g* Griffel, *s* Samenanlage.

Fam. 3. Compositae. Blüten stets zu viel- (selten 1-) blütigen Köpfchen vereinigt, meist in demselben Köpfchen von verschiedenem Geschlecht, zwitterige, weibliche und geschlechtslose. Fruchtknoten unterständig, ein-

fächerig, mit einer grundständigen, anatropen Samenanlage. Kelch nur selten in Form kleiner Blätter oder Schuppen (Fig. 355 *D*, *p*) vorhanden, meist als eine Krone einfacher oder verzweigter Haare (Fig. 353 *p*, 355 *A*, *E*, *p*), die sich erst nach der Blütezeit zu einer Haarkrone vollständig entwickeln und Pappus genannt werden. Bisweilen fehlt der Kelch vollständig. Krone röhrig, entweder regelmäßig, fünfzähnig (Fig. 353 *A*, *c*, 355 *C*, *m*, *c*) oder am oberen Ende in einen einseitig ausgebreiteten drei- (Fig. 353 *B*, 355 *B*, *C*, *ra*) oder fünfzähnigen (Fig. 355 *A*, *c*) Saum ausgehend, zungenförmig, selten (nur bei ausländischen Gattungen) zweilippig. Filamente kurz, der Kronenröhre eingefügt (Fig. 353 *A*, *st*); Antheren langgestreckt (Fig. 353 *A*, *a*, 355 *A*, *a*), seitlich miteinander verklebt, eine Röhre bildend, durch die der

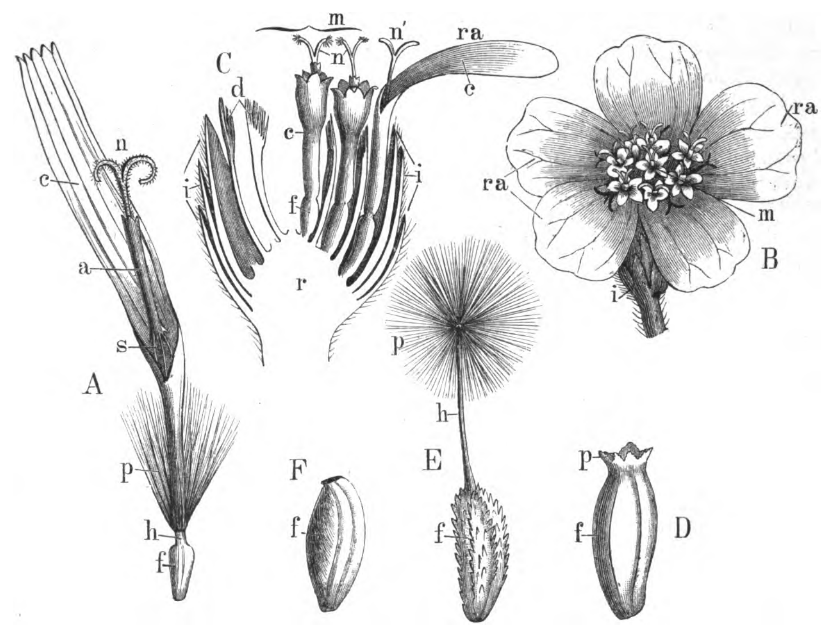


Fig. 355. Blüten und Blütenteile von Compositen, *f* Frucht oder Fruchtknoten, *h* Schnabel desselben, *p* Pappus, *c* Krone, *s* Staubblätter, *a* Antheren, *n* Narben. *A* zungenförmige Blüte von Taraxacum mit fünfzähnigem Kronensaume, zwitterig. *B* Blütenköpfchen von Achillea (vergr.). *ra* Randblüten mit zungenförmigem, dreizähnigem Saume, weiblich, *m* zwitterige Blüten des Mittelfeldes, mit fünfzähniger Kronenröhre; *i* Involucrum. *C* Längsschnitt durch dasselbe stärker vergrößert; *r* Receptaculum, *i* Involucrum; *d* Deckblätter der Blüten, *ra* Randblüte, *m* Blüten des Mittelfeldes; *n'* Narben der weiblichen Randblüte. *D* Frucht von Tanacetum mit schuppenförmigem Pappus. *E* von Taraxacum mit haarförmigem, *F* von Artemisia ohne Pappus (alle vergr.).

Griffel hindurchgeht. Dieser spaltet sich oben in zwei Äste (Fig. 353 *A*, *n*, 355 *A* und *C*, *n*), gegen deren Spitzen die Narbenpapillen in je zwei Längsreihen angeordnet sind. In den rein weiblichen Blüten sind die Griffel meist kürzer (Fig. 353 *B*, *g*). Einsamige Achene, an ihrem oberen Ende vom Kelch, dem Pappus (Fig. 355 *E* und *D*, *p*) gekrönt, wenn dieser nicht völlig fehlt (Fig. 355 *F*). Zuweilen ist die Achene, welche mit verschiedenartigen Riefen oder Stacheln ausgestattet sein kann, an ihrem oberen Ende in einen Schnabel verlängert (Fig. 355 *E*, *h*). Same ohne Endosperm.

Meist Kräuter mit zerstreuten oder (seltener) dekussierten Blättern, ohne Nebenblätter; bisweilen gegliederte Milchröhren. Die Köpfchen werden stets von einer Anzahl von Hochblättern, dem Involucrum umgeben (Fig. 355 *B*, *C*, *i*). Deckblätter der einzelnen Blüten (Spreublätter) entweder vorhanden (Fig. 355 *C*, *d*) oder fehlend.

Die Familie (die artenreichste des Pflanzenreiches) wird folgendermaßen eingeteilt:

Unterfam. 1. Tubuliflorae. In einem Köpfchen stehen entweder nur zwitterige Röhrenblüten (d. h. mit regelmäßiger, fünfzähniger Krone) oder die das Mittelfeld (Fig. 355 *B*, *m*) einnehmenden, zwitterigen Röhrenblüten werden am Rande umgeben von einer oder mehreren Reihen zungenförmiger, weiblicher oder geschlechtsloser Blüten, deren Krone in einen dreizähnigen (selten zweilippigen) Saum ausgeht (Fig. 353 *B*, 355 *B*, *ra*).*) — Niemals Milchröhren.

Tribus 1. Eupatorieae. Griffeläste linealisch; die Narbenreihen bis zu deren Mitte reichend. — *Eupatorium.*

Tribus 2. Astereae. Griffeläste linealisch, oberwärts feinbehaart; die Narbenreihen bis zur feinen Behaarung reichend. — *Aster*, in vielen, besonders nordamerikanischen Arten als Zierpflanzen kultiviert, ebenso *Callistephus* chinensis, gewöhnlich Aster genannt. — *Erigeron.* — *Bellis* perennis, Gänseblümchen. — *Solidago*, Goldrute.

Tribus 3. Inuleae. Griffel verschiedenartig; Antheren am Grunde geschwänzt: *Inula; Gnaphalium, Antennaria; Helichrysum* mit trockenen gefärbten Anhängseln der Hüllblätter. — *Leontopodium*, Edelweiß.

Tribus 4. Heliantheae. Griffelschenkel oberhalb der Teilungsstelle mit einem Kranz längerer Haare; keine Haarkrone; Hüllblätter nicht trockenhäutig; Köpfchenboden mit Spreublättern. — *Helianthus* annuus, Sonnenblume; aus den Samen wird Öl gewonnen; die inulinreichen Knollen von H. tuberosus aus Westindien dienen als Nahrungsmittel und Viehfutter. — *Spilanthes* oleracea. — *Guizotia* abyssinica und *Madia* sativa, Ölpflanzen. — *Dahlia*, Georgine (Mexiko). — *Xanthium* mit armblütigen, weiblichen Köpfchen, deren Hülle nussartig zusammenschließt.

Tribus 5. Helenieae. Wie vorige, aber ohne Spreublätter: *Tagetes*, *Gaillardia.*

Tribus 6. Anthemideae. Griffel wie vorige, Hüllblätter am Rande und an der Spitze trockenhäutig, keine Haarkrone. *Anthemis* mit Spreublättern, A. arvensis, Hundskamille, A. nobilis, römische Kamille. — *Achillea*, Schafgarbe. — *Chrysanthemum* ohne Spreublätter; Chr. roseum und Chr. Marschallii (Vorderasien) liefern Insektenpulver, ebenso Chr. cinerarifolium (Dalmatien); Chr. indicum und sinense, gegenwärtig beliebte Modepfl. — *Matricaria* Chamomilla, Kamille, ähnlich, mit hohlem Köpfchenboden. — *Artemisia* Absinthium, Wermuth; A. Dracunculus, Estragon (Rußland, Sibirien).

Tribus 7. Senecioneae. Griffel wie vor.; mit Haarkrone. — *Senecio.* — *Arnica* montana (Europa). — *Petasites, Tussilago.*

Tribus 8. Calenduleae. Scheibenblüten meist unfruchtbar. — *Calendula.*

Tribus 9. Cynareae. Griffel unterhalb oder an der Teilungsstelle knotig verdickt oder mit einem Kranz längerer Haare; Disteln, meist mit dornigen Blattzähnen. *Lappa*, Klette, mit hakig gekrümmten Blättern des Involucrums. — *Carduus* und *Cirsium*, Distel. — *Carlina* acaulis, Wetterdistel, die innersten weißen Blätter des Involucrums legen sich infolge von Befeuchtung über dem Blütenköpfchen zusammen und weichen bei Trockenheit strahlig auseinander. — *Centaurea*, Flockenblume,

*) Die sog. »gefüllten« Köpfchen kommen dadurch zu stande, dass auch an den Blüten des Mittelfeldes die Krone zungenförmig dreizähnig wird.



C. Cyanus, Kornblume. — *Cynara* Scolymus, Artischocke, die jungen Blütenköpfe werden als Gemüse gegessen. — *Carthamus* tinctorius, Saflor, findet in der Färberei Anwendung. — Bei *Echinops* sind zahlreiche, einblütige Köpfchen zu einem größeren, kugeligen Köpfchen vereinigt.

Tribus 10. Mutisieae. Krone der Zwitterblüten zweilippig, die der männlichen und weiblichen zungenförmig oder zweilippig. — Südamerika (*Moscharia*, *Perezia* u. s. w.).

Unterfam. 2. Liguliflorae (Cichorieae). — Alle Blüten des Köpfchens zwitterig, mit zungenförmigem, fünfzähnigem Saum der Krone (Fig. 355 *A*). Stets Milchsaft.

Taraxacum officinale, Löwenzahn, mit hohlem Köpfchenstiel. — *Lactuca* sativa, Kopfsalat. — *Scorzonera* hispanica, Schwarzwurzel, Gemüsepflanze. — *Tragopogon*, Bocksbart. — *Cichorium* Intybus, die geröstete Wurzel dient als Kaffeesurrogat; C. Endivia, Endivie, Gemüsepflanze. — *Hieracium*. — *Crepis*. — *Leontodon* u. a.

Offizinell: Folia Farfarae von Tussilago Farfara (nördl. gem. Zone); Flores Arnicae von Arnica montana; Herba Absinthii von Artemisia Absinthium (Europa, Sibirien); Flores Cinae, Wurmsame, von der turkestanischen Form von Artemisia maritima; Flores Chamomillae von Matricaria Chamomilla; Herba Cardui Benedicti von Cnicus Benedictus (Mittelmeergeb.); Radix Taraxaci cum herba von Taraxacum officinale (fast kosmopolitisch).

In die Reihe der *Campanulatae* gehören noch folgende Familien: Goodeniaceae (Australien), Candolleaceae (= Stylidiaceae, meist australisch) und Calyceraceae (Südamerik. Anden).

Register.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

